

LOS SISTEMAS FLUIDOS TERRESTRES EXTERNOS.

1. LA ATMÓSFERA. Concepto, composición y estructura.

Concepto.

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve a la Tierra. Está constituida por una mezcla de gases (el aire).

La atmósfera terrestre presenta en su composición oxígeno, tiene además CO₂ (necesario para la fotosíntesis) y vapor de agua, que al condensarse podrá dar lugar a precipitaciones y por tanto suministrar agua dulce.

La atmósfera regula las radiaciones y la temperatura procedente del Sol. Hace de filtro que evita la llegada de determinadas radiaciones a la superficie y permite que en la superficie de la Tierra haya una determinada temperatura compatible con la existencia de vida.

Composición.

Según que la composición química sea uniforme o variable podemos distinguir dos zonas:

- 1.- Homosfera.
- 2.- Heterosfera.

1.- **Homosfera.** Presenta una composición química uniforme a lo largo de su espesor. Llega hasta una altitud de unos 80 kilómetros de altura.

Está formada fundamentalmente por:

Nitrógeno (78,08 % en volumen de aire seco).
Oxígeno (20,85 % “ “ “ “).
Argón (0.93% “ “ “ “).

Le sigue en cantidad el CO₂, con un contenido medio de 0,035 % en volumen de aire seco.

Los porcentajes que hemos dado se refieren a su concentración en un aire puro y seco, entendiendo como tal al aire que no contiene partículas sólidas ni líquidas y el que no se tiene en cuenta el vapor de agua.

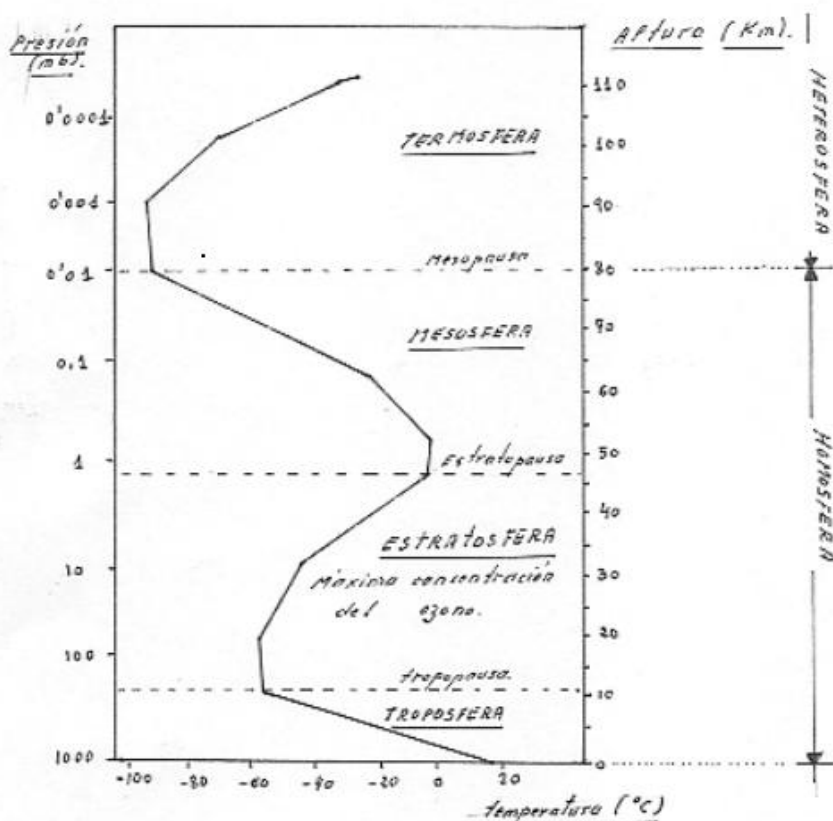
Hay además una cantidad (variable según las zonas), de vapor de agua y de polvo en suspensión (sobre todo en los primeros 600- 800m, aunque puede oscilar desde decenas de metros hasta uno o dos kilómetros).

Otros elementos muy minoritarios en la atmósfera son el neón, helio, hidrógeno, ozono, metano, óxido nitroso, monóxido de carbono etc.

El ozono se localiza principalmente entre los 15 y 35 kilómetros, dándose su máxima concentración entre los 20 y 25 kilómetros.

2.- **Heterosfera.** Se encuentra por encima de la anterior. Presenta una composición química no uniforme. Los gases más pesados se acumulan hacia abajo y los más ligeros tienden a concentrarse en las partes más altas (H, He etc.).

Estructura de la Atmósfera. Variación de su temperatura y presión con la altitud.



Estructura.

Utilizando como criterio la temperatura y sus variaciones con respecto a la altitud, la atmósfera se puede dividir en una serie de capas horizontales, que de abajo a arriba son las siguientes:

Troposfera.

Es la capa atmosférica más baja, y la de mayor importancia medioambiental, pues en ella tienen lugar prácticamente todos los fenómenos meteorológicos, se forman las nubes, las precipitaciones y demás fenómenos. Contiene el 75% de la masa molecular de la atmósfera y la mayor parte del vapor de agua y dióxido de carbono.

En la troposfera se puede distinguir una primera parte influenciada por la superficie de la Tierra; esta primera parte también es conocida como “capa límite planetaria” (hay autores que le llaman “capa sucia”) y en ella hay un roce permanente del aire con la superficie del suelo y una elevación de aire al calentarse. A esta capa se le suele dar un espesor de unos 600-800 metros, aunque puede variar dependiendo de una serie de factores como son la mayor o menor elevación topográfica, la fuerza del viento, el mayor o menor grado del calentamiento del suelo, etc.

Conforme ascendemos en la troposfera apreciamos un descenso general de la temperatura a razón de unos 6,5 °C /Km. (o lo que es lo mismo, 0,65 °C cada 100 metros).

La atmósfera se calienta principalmente por una transferencia de calor desde la superficie, y por tanto, en la troposfera, conforme estamos más alejados de la superficie del suelo, menos temperatura habrá (salvo en los casos que veremos más adelante de inversiones térmicas).

El límite superior de la troposfera es la tropopausa, donde la temperatura llega a alcanzar un valor mínimo de -70°C , a partir de la cual la temperatura deja de disminuir. La altura de la tropopausa no es constante sino que tiene un máximo valor en el Ecuador (unos 16 Km. de altura) y un mínimo en los polos (unos 8 Km. de altura). Parece ser que la altura de la tropopausa está relacionada con la temperatura y la presión a nivel del mar, que a su vez están relacionadas con la latitud geográfica. En el Ecuador hay un mayor calentamiento del aire, por tanto una menor densidad y esto permite un mayor ascenso de este aire hacia zonas más altas.

Estratosfera.

Se extiende desde la tropopausa hasta unos 50 Km de altitud, en la estratopausa. En esta capa se encuentra la mayoría del ozono de la atmósfera (sobre todo se acumula aproximadamente entre los 20 y 25 kilómetros.)

A nivel de la estratopausa la temperatura alcanza un máximo valor dentro de esta capa (puede sobrepasar los 0°C) asociado a la absorción de la radiación solar ultravioleta por parte del ozono (Véase el gráfico de la variación de la temperatura de la atmósfera con la altitud.)

La importancia medioambiental del ozono estratosférico se pone de manifiesto en esta reducción de radiación ultravioleta que por su causa no llega a la superficie de la Tierra, pues en caso contrario quedarían dañadas las células de los seres vivos, impidiendo un desarrollo normal de la vida.

Mesosfera.

Por encima de la estratopausa, y hasta una altura aproximada de unos 80 Km. se distingue otra capa denominada mesosfera, cuyo límite superior es la mesopausa. En esta capa la temperatura vuelve a descender con la altura hasta menos de -80°C .

La presión es muy baja en la mesosfera, como puede apreciarse en la gráfica de distribución de la temperatura y presión con la altura en la atmósfera.

Es en esta región donde se observan las “nubes noctilucientes”, formadas por cristales de hielo.

Termosfera o Ionosfera.

Se extiende desde la mesopausa (a unos 80 Km.) hasta la termopausa a una altura de unos 600-800 Km, donde se encontraría la base de la siguiente capa, la exosfera.

En la termosfera y exosfera las densidades son extremadamente bajas. En la termosfera la composición química es fundamentalmente de nitrógeno molecular (N_2) y atómico (N), y de oxígeno en forma molecular (O_2) y atómica (O) hasta unos 200 Km, mientras que por encima el oxígeno atómico predomina sobre el nitrógeno tanto molecular como atómico.

Debido a la absorción de la radiación ultravioleta por parte del oxígeno molecular y atómico, las temperaturas vuelven a subir con la altura, alcanzando los 1000°C .

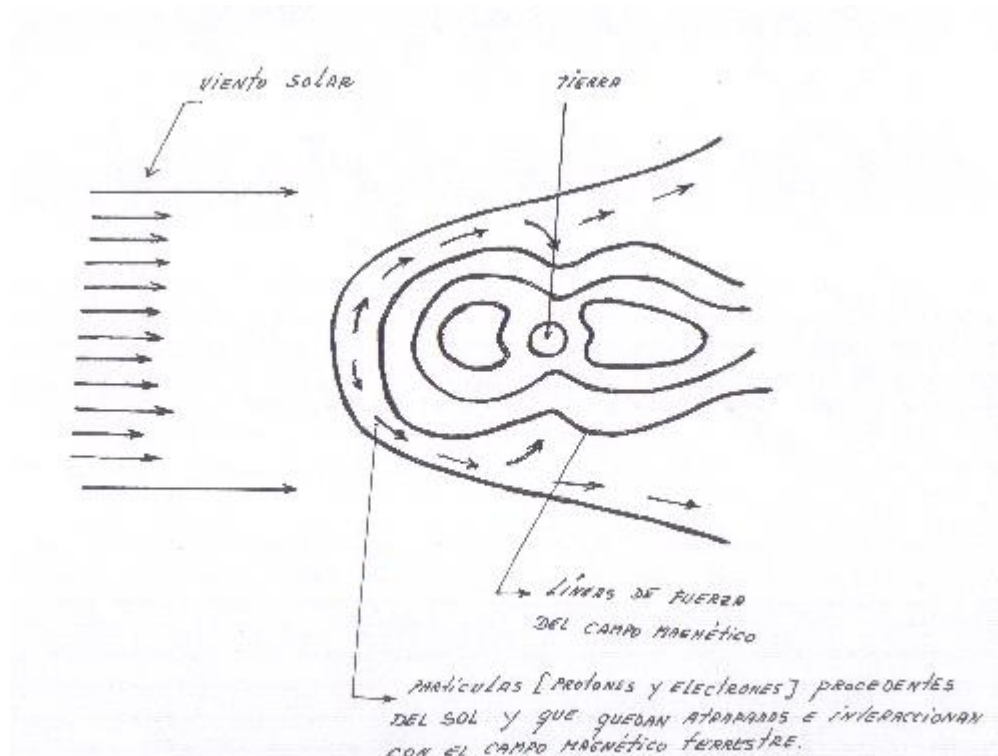
La radiación ultravioleta y radiaciones más penetrantes (radiación x y gamma) producen una ionización en los átomos de oxígeno y moléculas de nitrógeno. Esto ocurre fundamentalmente a partir de los 100 Km. de altura.

En las altas latitudes, tanto del hemisferio norte como del hemisferio sur aparece con frecuencia una luminosidad, a manera de resplandor, y cuyo origen parece ser debido a penetración del viento solar (nubes de iones procedentes del Sol) a través de la atmósfera. Al chocar este viento solar con el aire enrarecido (átomos de oxígeno, moléculas y átomos de nitrógeno), producirían este resplandor.

A estos fenómenos se les conoce como auroras polares, y más concretamente auroras boreales las del hemisferio norte y auroras australes a las del hemisferio sur.

El hecho de que estos fenómenos se den en las altas latitudes (zonas próximas a los polos) se debe a que estas partículas procedentes del Sol son conducidas por las líneas de fuerza del campo magnético terrestres y se concentran en las zonas polares, donde interaccionan con los partículas de materia ionizada de la ionosfera.

La magnetosfera: El campo magnético terrestre se puede extender hacia el espacio dando lugar a un campo magnético externo. El límite de este campo magnético sería la magnetopausa y podríamos teóricamente representarlo con un dibujo en el que la Tierra estuviese en el centro y a partir de los polos salieran líneas de fuerza hacia la derecha e izquierda formando anillos de forma alargada a un lado y otro.



Exosfera.

La base de la exosfera se encuentra aproximadamente entre 600 y 800 Km. En estas zonas la composición primordial es de átomos de hidrógeno y helio (ionizados aproximadamente en un 1%). Conforme ascendemos, los átomos de hidrógeno y helio, con pesos atómicos muy bajos, pueden escapar hacia el espacio.

2. FUNCIÓN PROTECTORA Y REGULADORA DE LA ATMÓSFERA. Efecto protector de la ionosfera y de la ozonosfera. El efecto invernadero.

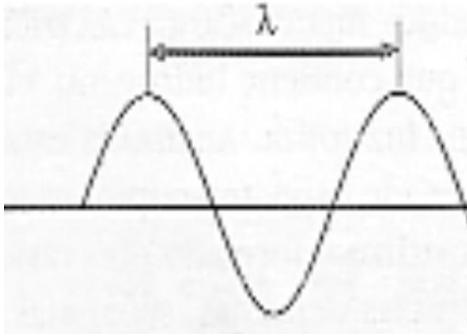
Características de la radiación solar.

El Sol es una estrella que desprende radiación en todas direcciones del Sistema Solar, y por tanto el planeta Tierra recibe sólo parte de esta radiación, ya que debido a la gran distancia que separa la Tierra del Sol (del orden de 150 millones de kilómetros), a nuestro planeta sólo llega una pequeñísima parte de toda la energía desprendida por el Sol. Sin embargo, en esta pequeña parte de energía solar está el origen de todos los procesos atmosféricos: los vientos, nubes, lluvia, etc. y también del mantenimiento de la vida sobre la tierra.

Dentro del Sol se producen reacciones termonucleares que desprenden luz y calor.

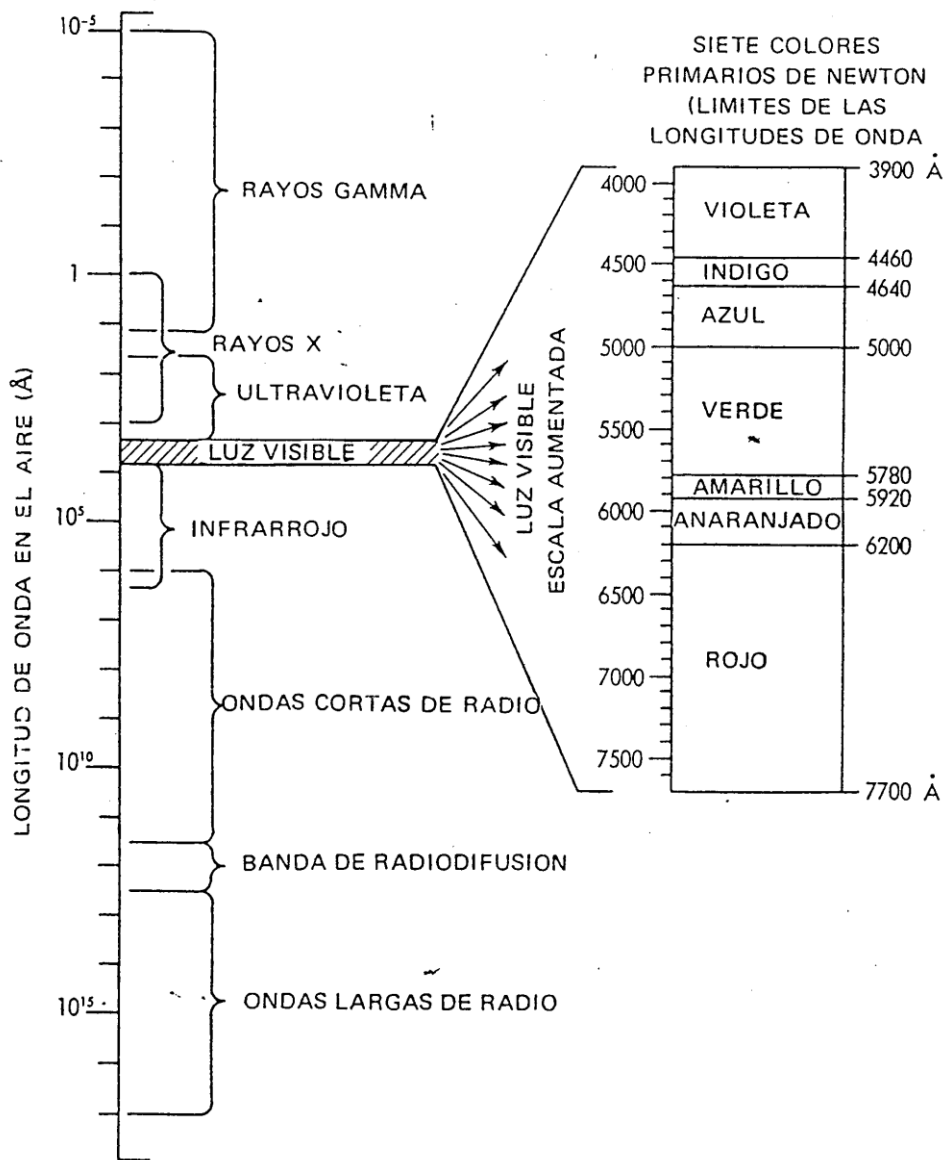
La energía procedente del Sol se transmite en forma de ondas electromagnéticas a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo. En el movimiento ondulatorio, la longitud que media entre dos posiciones iguales y consecutivas se denomina longitud de onda, que varía entre millonésimas de milímetros hasta centenares de metros, lo que da lugar a las diferentes

radiaciones electromagnéticas: rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, ondas largas de radio..



Longitud de onda

El conjunto de todas las radiaciones procedentes del Sol constituyen su **espectro electromagnético**.



(Un Ángstrom = 10^{-10} metros)

(A veces se expresan las unidades del espectro electromagnético en nanómetros. Un nanómetro = 10^{-9} metros).

La atmósfera como filtro protector.

La atmósfera terrestre solo permite el paso de la radiación de ciertas longitudes de onda y reduce el paso de otras.

Ciertos gases de la atmósfera, como el ozono, el dióxido de carbono y el vapor de agua absorben radiación solar.

Aproximadamente un 18% de la energía que se acerca a la Tierra procedente del Sol es absorbida directamente por gases como el ozono y el vapor de agua. Si la capa de nubes es bastante gruesa y cerrada constituye una barrera para que llegue hasta la superficie la radiación procedente del Sol.

Además de los factores aludidos anteriormente en relación con la insolación recibida en superficie podemos citar otros como la latitud, la inclinación del eje de la Tierra, el efecto de la tierra y el mar, la topografía y la orientación.

La cantidad de radiación solar incidente que es reflejada, por las nubes, el mar, la tierra, el hielo, la nieve, etc., constituye el albedo.

Efecto protector de la ionosfera y de la ozonfera.

Termosfera o Ionosfera:

Se extiende desde la mesopausa (a unos 80 Km.) hasta la altura de unos 600-800Km, donde se encontraría la base de la siguiente capa, la exosfera.

En la termosfera y exosfera las densidades son extremadamente bajas. En la termosfera la composición química es fundamentalmente de nitrógeno molecular (N_2) y oxígeno en forma molecular (O_2) y atómica (O) hasta unos 200 Km, mientras que por encima el oxígeno atómico predomina sobre el nitrógeno tanto molecular como atómico.

Debido a la absorción de la radiación ultravioleta (de determinadas longitudes de onda) por parte del oxígeno molecular y atómico, las temperaturas vuelven a ascender con la altura.

La radiación ultravioleta y radiaciones mas penetrantes (radiación x y gamma) producen una ionización en los átomos de oxígeno y moléculas de nitrógeno. Esto ocurre fundamentalmente a partir de los 100 Km. de altura. Si estas radiaciones electromagnéticas muy penetrantes (rayos X y rayos gamma) llegaran hasta la superficie de la Tierra producirían roturas en las moléculas orgánicas y por tanto daños irreversibles en los seres vivos.

Ozonosfera:

La estratosfera se extiende desde la tropopausa hasta unos 50Km de altitud, en la estratopausa. En esta capa se encuentra una mayoría del ozono de la atmósfera (sobre todo se acumula aproximadamente entre los 20 y 25 kilómetros, aunque en general vamos a decir que se concentra entre los 15 y 35 Km. por lo que a esta parte de la estratosfera también se le da el nombre de ozonosfera).

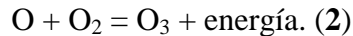
El ozono es una molécula triatómica de oxígeno que tiene una enorme importancia porque absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta procedente del sol, evitando que alcance la superficie de la Tierra.

El mecanismo de formación de ozono parece ser debido a la acción de los rayos ultravioleta sobre el oxígeno molecular.

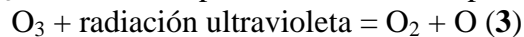
La reacción sería:



El oxígeno atómico (O) se recombina con el oxígeno molecular O₂ liberando energía en la reacción, lo que hace aumentar la temperatura en la estratosfera.



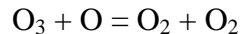
A su vez, el O₃ formado es rápidamente destruido por la radiación ultravioleta:



El oxígeno atómico formado se recombina nuevamente para producir ozono, según la reacción (2).

El resultado es la absorción en la estratosfera de los rayos UV; por lo tanto, en la estratosfera hay un proceso continuo de formación y destrucción de ozono, con absorción de rayos UV y liberación de calor.

El gas continúa disociándose y recombinándose así muchas veces, hasta que termina por chocar con un átomo libre de oxígeno, formándose dos moléculas estables de oxígeno.



Suponiendo que las condiciones no cambien, el resultado neto será que el ozono alcanzará un régimen estacionario dinámico, y el ritmo al que se va formando equivaldría al ritmo al que se va destruyendo.

No obstante, si los niveles de ozono en la estratosfera vinieran condicionados sólo por el Sol, ocurriría que en las zonas más altas, en donde la insolación es más intensa es donde podríamos suponer que habría más cantidad de ozono. Sin embargo ya se ha dicho que la máxima concentración de ozono se da más abajo, entre los 20 y 25 Km. Ello es el resultado de cierto mecanismo de circulación que transporta el ozono hacia abajo, a niveles donde su destrucción es menos probable, lo que permite que se de una acumulación de este gas; la destrucción del ozono a estas alturas (20-25 Km.) es menos probable porque llegan menos UV que más arriba, ya que a nivel de la estratopausa se han gastado muchos UV en los procesos de formación y destrucción del O₃.

Además, el ozono presenta una gran variabilidad geográfica. A lo largo del año, la mayor cantidad de radiación solar corresponde a las regiones tropicales; por lo tanto, es en la estratosfera de estas regiones donde se genera la mayor parte del O₃ estratosférico. Desde allí, los movimientos circulatorios lo transportarán hacia las altas latitudes del hemisferio, de tal manera, que a pesar de ser estas zonas cercanas al ecuador donde más ozono se produce, es donde se encuentran las menores cantidades de ozono del planeta.

A nivel de la estratopausa la temperatura alcanza un máximo valor (puede sobrepasar los 0° C) asociado a la absorción de la radiación solar ultravioleta por parte del ozono y al proceso de formación del ozono. (Véase el gráfico de la variación de la temperatura de la atmósfera con la altitud).

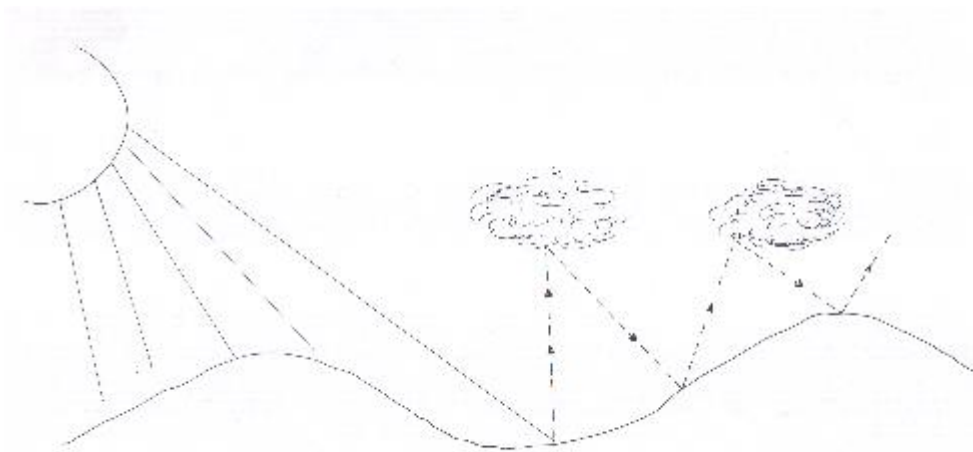
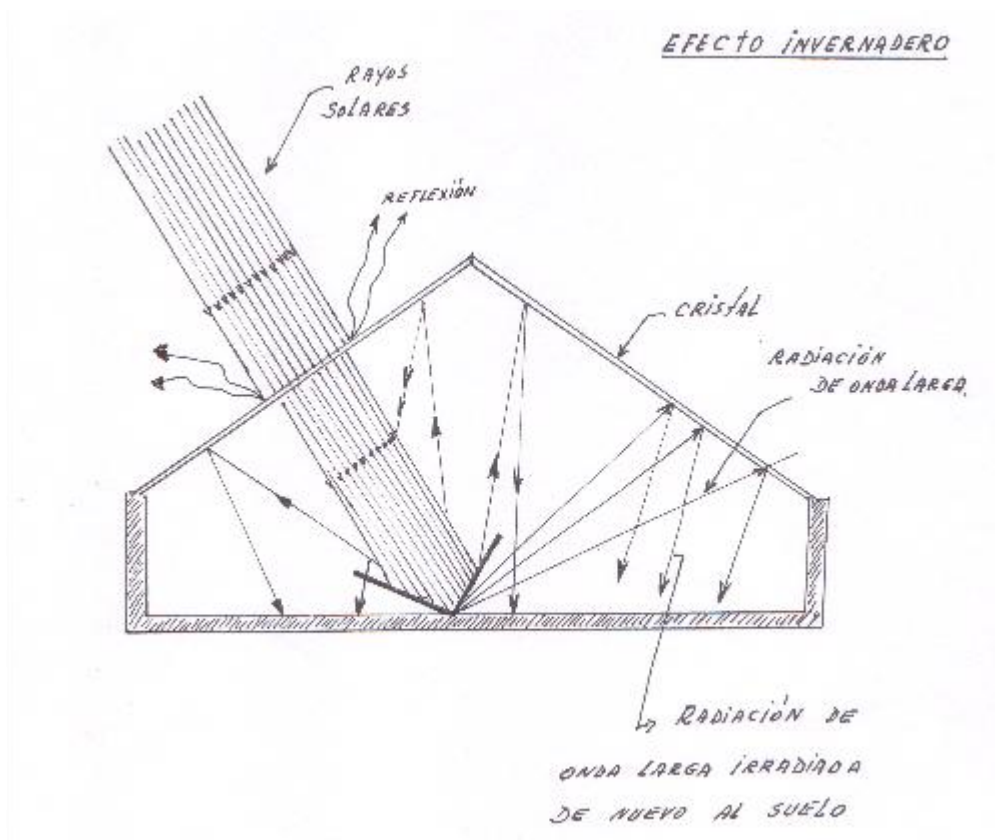
La importancia medioambiental del ozono estratosférico se pone de manifiesto en esta reducción de radiación ultravioleta que por su causa no llega a la superficie de la Tierra, pues en caso contrario quedarían dañadas las células de los seres vivos, impidiendo un desarrollo normal de la vida.

El efecto invernadero.

La radiación que proviene del Sol es predominantemente de onda corta, aunque la que parte de la Tierra es de onda larga o infrarroja. En la atmósfera hay ciertos gases, como el vapor de agua, el dióxido de carbono y otros como el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y ozono troposférico (O₃) que son opacos a la radiación infrarroja, y sin embargo son transparentes a otro tipo de radiaciones. A este fenómeno se le conoce con el nombre de efecto invernadero.

En un invernadero, el cristal favorece el almacenamiento de la radiación solar, pues al ser transparente permite el paso de las radiaciones de onda corta de los rayos solares que producen el calentamiento del suelo del invernadero. Parte de este calor, transformado en radiación

infrarroja, de onda larga, es irradiado de nuevo por el suelo; sin embargo, el cristal, opaco a este tipo de radiación, lo devuelve de nuevo al interior del invernadero.



El cristal es para el invernadero lo que el vapor de agua, CO_2 , N_2O , etc. es para la superficie terrestre.

La cantidad de calor "atrapado" dependerá de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Dicha concentración no es permanente, sino que depende de una

serie de factores englobados como ocurre por ejemplo en los llamados ciclos del agua y del carbono.

En el caso del vapor de agua hay zonas como las polares, con poca radiación y alto albedo, casi desprovistas de vapor de agua y por tanto con poca contrarradiación. El caso opuesto es el de las zonas ecuatoriales, en donde en la atmósfera hay un espesor de vapor de agua 10 veces más grueso que en los polos. (La radiación solar que por todos los conceptos recibe la superficie de la Tierra es irradiada por ésta hacia la atmósfera, la cual absorbe en casi su totalidad esta irradiación, especialmente si es grande su contenido en vapor de agua. De este modo se calienta la atmósfera, sobre todo en las capas bajas, y a su vez, éstas vuelven a enviar radiación hacia el suelo, fenómeno que se llama contrarradiación).

Por tanto es necesario un mecanismo que redistribuya el vapor de agua y el calor de la atmósfera y establezca un equilibrio sobre la Tierra. Este mecanismo lo lleva a cabo la circulación general atmosférica, que redistribuye la energía solar que llega a la Tierra, disminuyendo las diferencias entre el ecuador y las latitudes más altas. La circulación de los océanos como veremos más adelante también forma parte de esta regulación.

Pero no debemos confundir este efecto invernadero natural que hace habitable nuestro planeta, con el incremento de efecto invernadero a causa de las actividades humanas: la deforestación, la quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo), los incendios, etc., que constituyen un gran problema ambiental.

Además del efecto invernadero podemos citar otras funciones de la atmósfera como reguladora del clima: Ej., el albedo da lugar a una energía devuelta al espacio exterior, por lo que su incremento ligado a la presencia de polvo en suspensión llevaría a un enfriamiento progresivo de la Tierra.

3. RECURSOS ENERGÉTICOS RELACIONADOS CON LA ATMÓSFERA. Energía solar. Energía eólica. Ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

Aprovechamiento energético: la energía solar

La energía procedente del Sol es el origen de otras fuentes de energía de la Tierra. Según esto, la energía solar se puede utilizar de forma directa o indirecta:

- a) Energía solar **activa**:
 - Calor**: Energía solar **térmica**
 - A) **Energía solar directa**: **Luz**: Energía solar **fotovoltaica**
- b) Energía solar **pasiva**: Arquitectura solar pasiva.

SOL:

- B) **Energía solar indirecta**: Energía solar como fuente de otras energías: eólica, de la biomasa...

Energía solar térmica.

El objetivo de las tecnologías empleadas en este caso es captar el calor del Sol para calentar un fluido (agua, aire, aceite, según los casos).

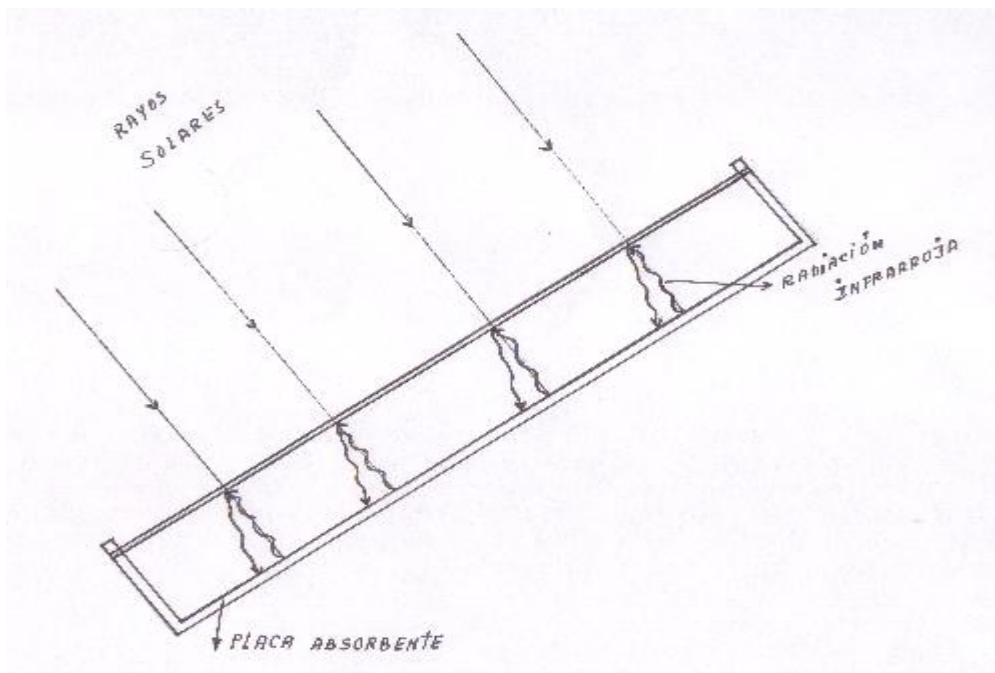
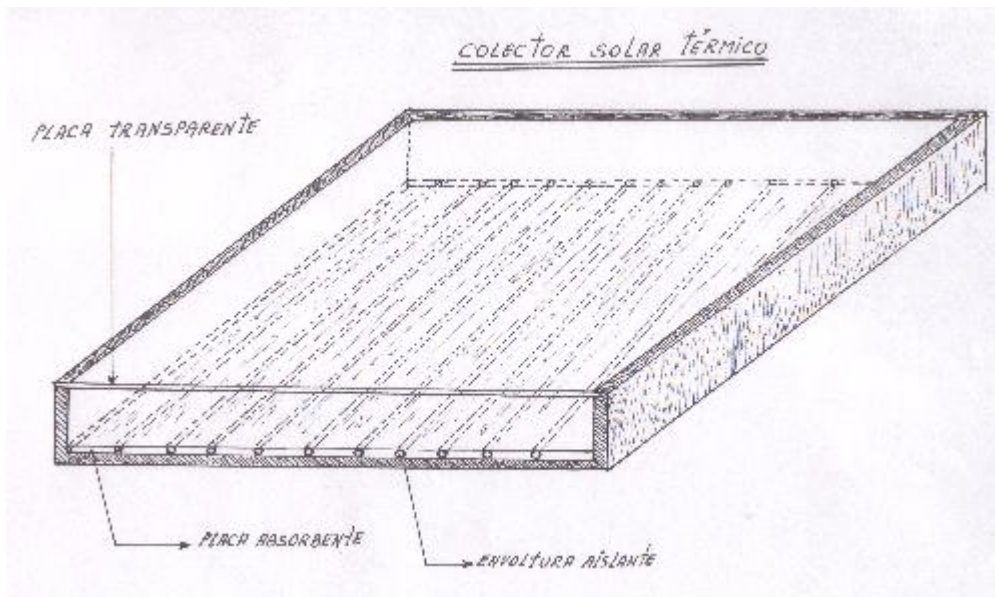
Para ello se utilizan colectores de calor, que pueden ser de tres tipos:

1. Colector de calor de baja temperatura.
2. Colectores de calor de media temperatura.
3. Colectores de calor de alta temperatura.

1. Los colectores solares térmicos de baja temperatura trabajan por debajo del punto de ebullición del agua (100°C a una atmósfera de presión).

En realidad estos sistemas aprovechan el efecto invernadero y en la mayoría de los casos constan de:

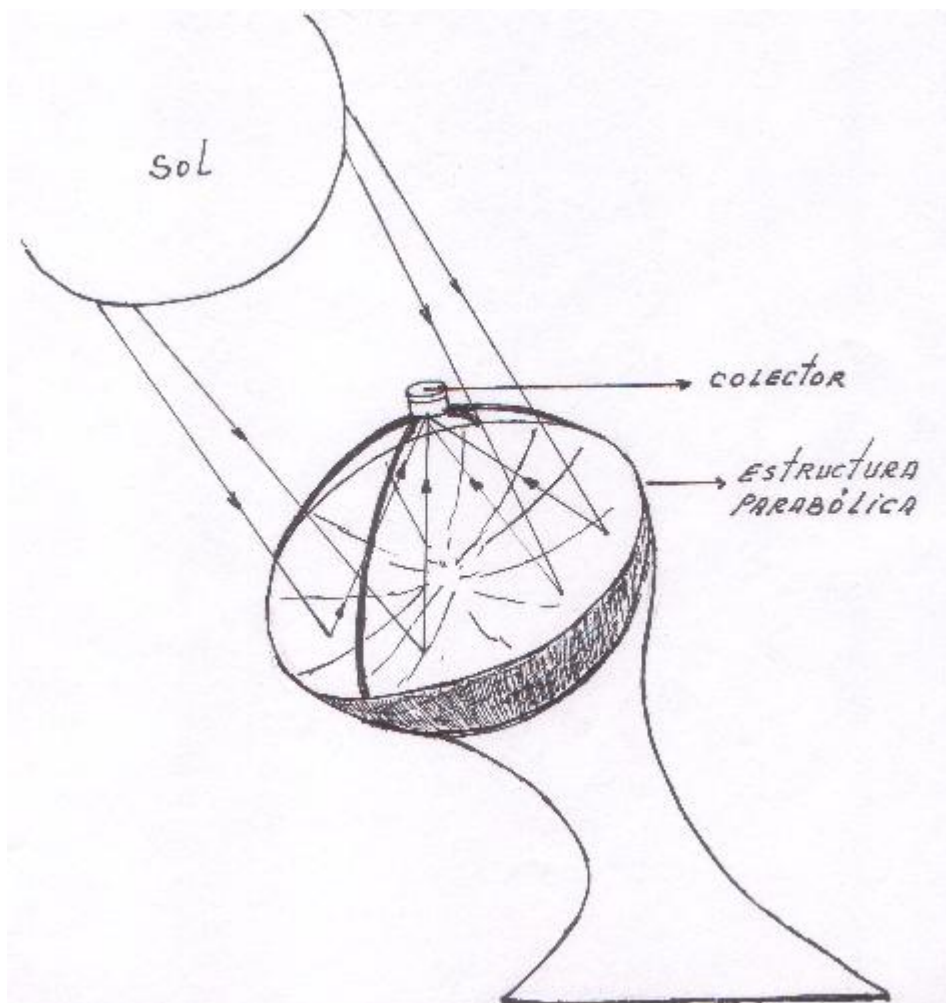
- Una cubierta transparente a la radiación solar.
- Una placa que absorba la radiación visible.
- Que estén bien aislados con una envoltura aislante.
- Que tengan un soporte o armazón exterior que resista las inclemencias del tiempo atmosférico.

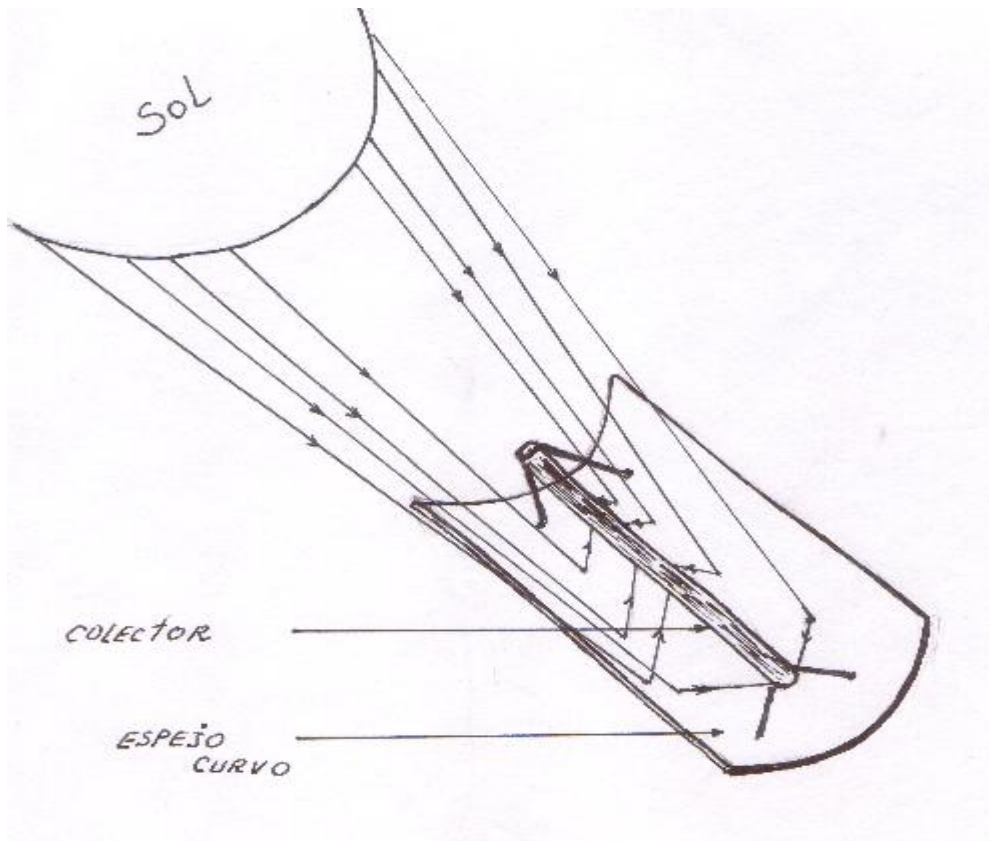


Entre las aplicaciones de los colectores solares térmicos de baja temperatura podemos señalar:

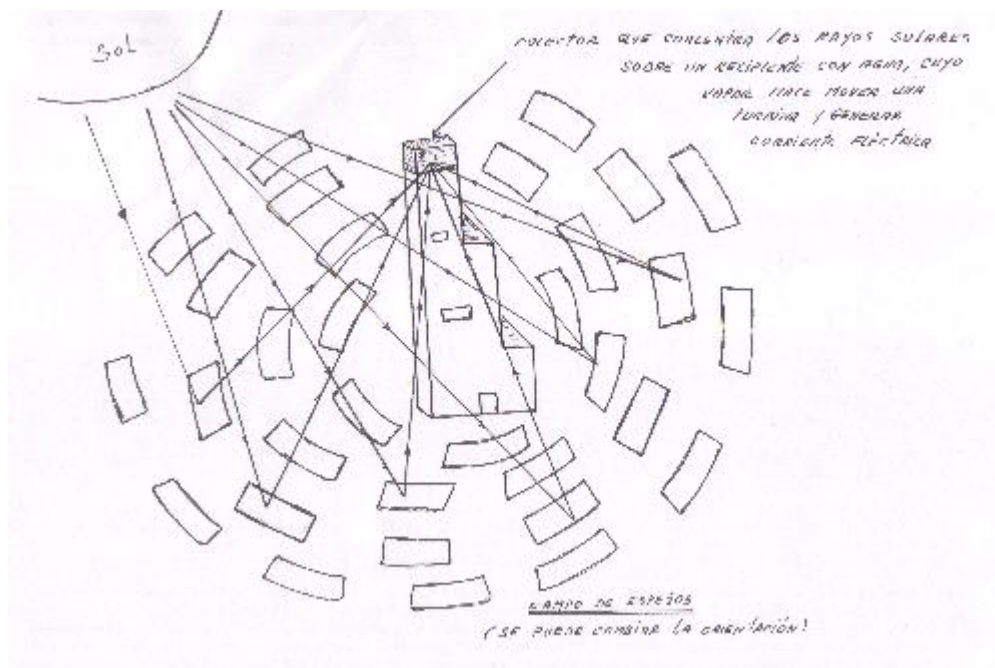
- Agua caliente sanitaria (ACS) en casas particulares, establecimientos hoteleros y camping, hospitales, colegios etc.
- Calefacción doméstica
- Calefacción de invernaderos
- Calefacción de piscinas
- etc.

2.- Los colectores de calor de media temperatura utilizan sistemas colectores de espejos de concentración parabólicos o cilindroparabólicos llegando a alcanzar temperaturas de hasta 600°C.





3.- Los colectores de calor de alta temperatura se basan en la concentración de los rayos solares en una torre central mediante una enorme cantidad de espejos situados a su alrededor. El conjunto lleva un sistema de seguimiento de la trayectoria del Sol. Con los colectores de alta temperatura se puede llegar a conseguir temperaturas de hasta más de 1000°C.



Los colectores de media y alta temperatura se utilizan para sistemas de calefacción a mayor escala que los anteriores, y sobre todo los de altas temperaturas se pueden utilizar en las **centrales térmicas solares**, en donde este calor concentrado servirá para producir vapor de agua, capaz de mover turbinas generadoras de electricidad.

Energía solar fotovoltaica.

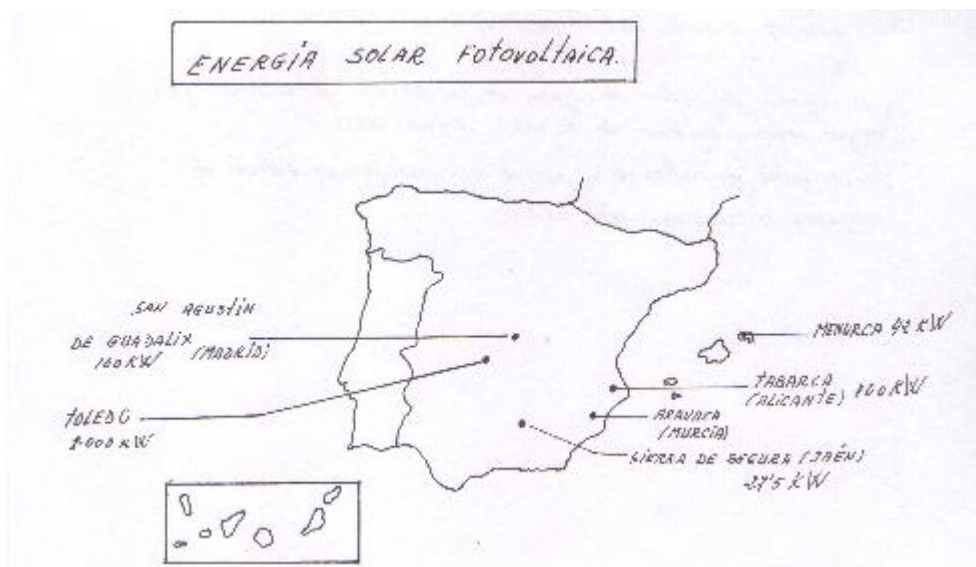
Para su aprovechamiento se utilizan células fotovoltaicas. Las células fotovoltaicas transforman la energía de la radiación solar directamente en corriente eléctrica.

Una célula solar está formada por la unión de dos placas, generalmente de silicio tratado para ser semiconductor: una de las placas es deficitaria en electrones (placa P) y la otra tiene exceso (placa N). Cuando la energía solar incide sobre la placa N, una corriente de electrones se dirige hacia la otra placa, y al final son recogidos por unos conectores metálicos.

Las instalaciones fotovoltaicas necesitan por lo general 4 equipos básicos:

- Un conjunto de paneles fotovoltaicos, que están constituidos por células fotovoltaicas conectadas.
- Unos acumuladores o baterías para almacenar la energía eléctrica generada.
- Un equipo regulador de la energía, con objeto de evitar una carga excesiva de las baterías, o por el contrario, se descarga.
- Un sistema que transforme la energía eléctrica generada en los paneles fotovoltaicos para adaptarla al tipo de corriente que necesitamos

Las instalaciones fotovoltaicas pueden ser de distintos tipos, desde las formadas por unos pocos paneles (para dar electricidad a una casa unifamiliar, o bien a una farola de alumbrado público o una cabina telefónica, etc.) a otras en donde la corriente que se genera se conecta a la red general de electricidad, como es el caso de las **centrales solares fotovoltaicas**.



Energía solar pasiva.

Es la que se usa en la arquitectura bioclimática o pasiva, que es aquella que tiene en cuenta el clima de la zona, y utiliza estrategias clásicas o modernas para mantener las edificaciones con unas condiciones óptimas de temperatura y luminosidad en las que no intervienen o intervienen lo menos posible las energías convencionales.

Los factores climáticos (calor, frío, humedad, luz), se tienen muy en cuenta, en unos casos para evitarlos al máximo, y en otros para potenciarlos. Para ello se estudia: la orientación del edificio, el color del edificio, la orientación y tamaño de las ventanas, tipo de persianas, los huecos o patios interiores, etc.

En España la energía solar es una fuente potencial importante de energía, debido a las horas de Sol que a diario tenemos en España, y cada vez es más frecuente el número de casas unifamiliares en urbanizaciones y zonas rurales, así como edificios de ciudades que tienen algún tipo de energía solar.

En cuanto a centrales solares, podemos citar como central solar térmica la situada en Tabernas (Almería), y dentro de las centrales fotovoltaicas citamos como de mayor potencia la de Toledo, aunque hay en otros lugares como Sierra de Segura (Jaén), Menorca, Caravaca (Murcia) y otras.

Ventajas e inconvenientes de la energía solar.

Ventajas:

- Es una energía renovable
- No produce contaminación atmosférica.
- Permite la electrificación de núcleos rurales pequeños y aislados (cortijadas, etc.), con independencia de la red eléctrica general.
- Es una alternativa importante para aquellos países en donde la red eléctrica general es muy pequeña y deficitaria (caso del Tercer Mundo).

Inconvenientes:

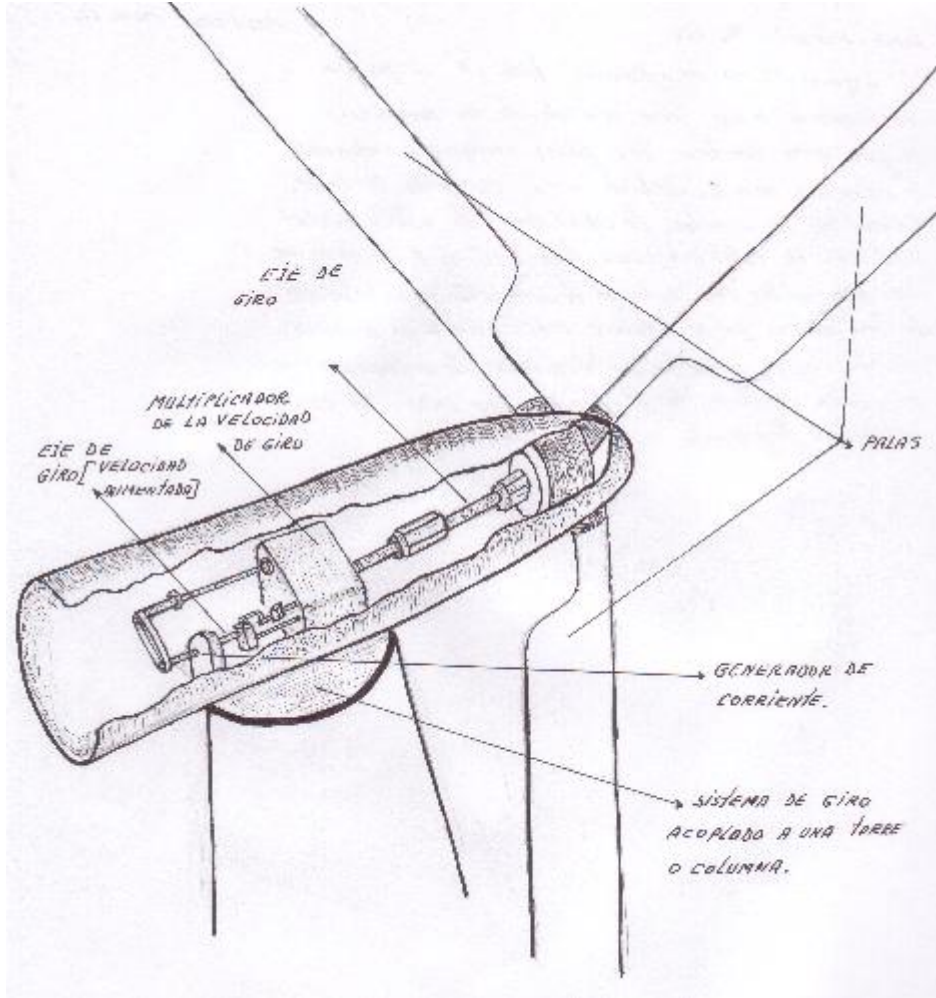
- No es posible su utilización en todos sitios, puesto que se necesita el máximo de horas de Sol al día, cosa que no ocurre en muchos lugares.
- Es una energía que depende del tiempo que haga, y por tanto no tiene la misma intensidad de unos días a otros, existiendo una variabilidad del rendimiento energético.
- Algunas de las tecnologías tiene un elevado coste de producción.
- Las grandes instalaciones (huertos solares) necesitan mucho espacio, con el consiguiente impacto paisajístico y sería necesario hacer una adecuada planificación del territorio antes de su aprobación.

Aprovechamiento energético: la energía eólica.

La energía eólica es la energía producida por el viento. Desde la antigüedad se ha utilizado la energía eólica en los molinos de viento, utilizados para diferentes usos, como para moler el grano, bombear agua etc.

Aunque todavía se usan los molinos de viento tradicionales, en la actualidad se utilizan otras tecnologías con objeto de producir corriente eléctrica: son los denominados **aerogeneradores**; el mecanismo de un aerogenerador es similar al de una máquina eólica tradicional: hay unas

aspas que transmiten un movimiento a un eje, cuyo giro activa a un generador de corriente. Los aerogeneradores que se usan más frecuentemente en los parques eólicos tienen 3 palas. Indudablemente, la utilización de la energía eólica requiere unas condiciones climatológicas a tener en cuenta, por eso habrá que elegir zonas con vientos constantes y lo suficientemente intensos como para hacer girar el mecanismo de la máquina eólica. Podríamos decir que las zonas elevadas (montañas) y las costas son buenos lugares.



Ventajas e inconvenientes de la energía eólica.

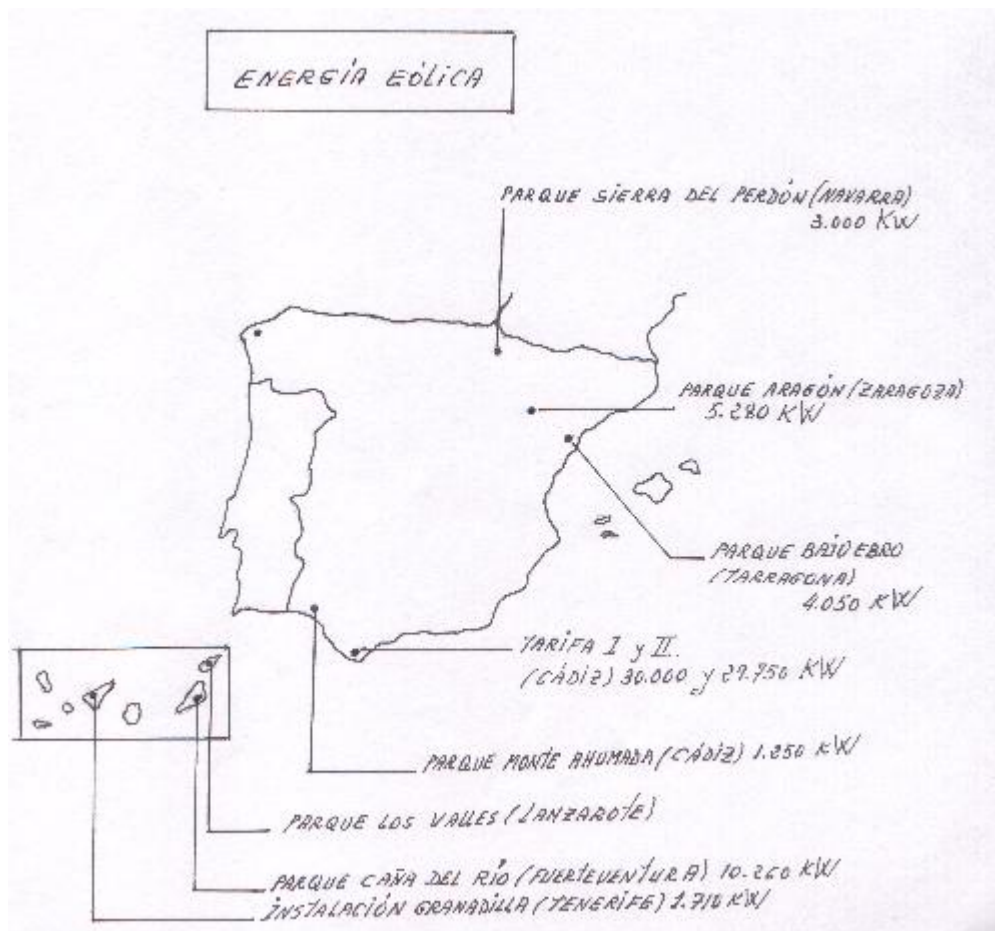
Ventajas:

- Es una energía renovable.
- La construcción y el mantenimiento no son excesivamente costosos.
- En zonas rurales pequeñas y aisladas (Ej. cortijadas, anejos .) y en zonas aisladas de la red eléctrica general, es una solución para obtener energía eléctrica.
- Posible solución a países de Tercer Mundo que tiene una red eléctrica muy deficitaria.

Inconvenientes:

- Las grandes bandadas de aves migratorias tienen el peligro de chocar con las aspas.
- Se produce una contaminación acústica por el giro de los aerogeneradores.
- Impacto visual.

- Las partes metálicas de los aerogeneradores pueden producir interferencias en las ondas de radio, televisión et.



4. LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. Los contaminantes atmosféricos más frecuentes. Efectos de los contaminantes atmosféricos: alteración de la capa de ozono, lluvia ácida y el aumento del efecto invernadero. El cambio climático global. Medidas de prevención para reducir la contaminación atmosférica.

La contaminación atmosférica

Se denomina **contaminación atmosférica** a la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que pueden causar riesgos, daño o molestia grave para las personas, demás seres vivos y bienes de cualquier naturaleza

Contaminación atmosférica:

a) De origen natural:

-Debido a procesos:

Geológicos: Ej., H₂S de volcanes etc...

Biológicos: Ej., fermentación anaeróbica: CH₄, H₂S...

Atmosféricos: Descargas eléctricas, NO, NO₂...

b) De origen antrópico:

A causa de la combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) en: transporte, hogar, industrias...

En procesos industriales: fábricas de cemento, siderurgia, industrias químicas (Ej., abonos).

Los contaminantes más frecuentes y sus efectos.

Podemos distinguir:

- A. Sustancias químicas: A.1. Contaminantes primarios.
A.2. Contaminantes secundarios.
- B. Formas de energía.

A. SUSTANCIAS QUÍMICAS.

A.1. Contaminantes primarios.

Se entiende por contaminantes primarios a aquellos que son vertidos directamente a la atmósfera desde los focos contaminantes.

Vamos a citar algunos grupos:

- Aerosoles y partículas.
- Gases:
 1. Compuestos de azufre: SO_2 , SO_3 , H_2S
 2. Óxidos de nitrógeno: NO , NO_2 , NO_x
 3. Compuestos orgánicos:
 - Hidrocarburos: CH_4 ...
 - COV (Compuestos orgánicos volátiles).
 - Compuestos orgánicos halogenados:
 - Dioxinas
 - Furanos
 4. Óxidos de carbono: CO , CO_2
 5. Compuestos halogenados y sus derivados: HCl , Cl_2 , HF , CFC
- Metales pesados: Pb , y sustancias minerales: asbesto, amianto...
- Olores.

A.2 Contaminantes secundarios.

No se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores, sino que se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma.

- Contaminantes secundarios:
 - Formación de ozono.
 - SO_3
 - H_2SO_4
 - HNO_3
 - PAN (nitrato de peroxiacilo.)

B. FORMAS DE ENERGÍA.

- Radiaciones ionizantes.
- Radiaciones no ionizantes.
- Contaminación por el ruido.

Descripción de la contaminación química por contaminantes primarios:

Aerosoles y partículas.

Los aerosoles atmosféricos son dispersiones de sustancias sólidas o líquidas en el aire, de un tamaño extremadamente pequeño (de 10^{-1} a 10^3 milimicras), aunque también hay algunas que están fuera de estos límites, pero extraordinariamente pequeñas. También hay partículas en el aire de un tamaño mayor, que englobamos en el término “partículas”.

El origen de las partículas puede ser a causa de procesos naturales: Ej., paso del polvo de la superficie terrestre a la atmósfera, o a causa de procesos antropogénicos: combustiones industriales o domésticas, productos petrolíferos y carbón, actividades mineras, fábricas de cemento, industrias químicas, etc...

Producen afecciones respiratorias.

En las plantas provocan obstrucción de los estomas, y por tanto reducción de la fotosíntesis.

En los materiales se produce una sedimentación de partículas.

Compuestos de azufre.

El azufre se encuentra en distintas proporciones en gran parte de los combustibles fósiles. Al entrar estos en combustión, el azufre se une con el oxígeno dando lugar a óxidos de azufre: SO_2 , SO_3 .

Dióxido de azufre. SO_2 .

- Gas incoloro.
- Alto poder de corrosión.
- irritante y picante (cuando se encuentra en la atmósfera en concentraciones superiores a 3 partes por millón (3 ppm).
- Es el contaminante más común en el aire de las ciudades.
- Provoca afecciones respiratorias, e incluso irritación de los ojos a concentraciones superiores a 8 ppm (partes por millón).
- En las plantas provoca amarillamiento de las hojas (provocadas por dificultades en el mecanismo sintetizador de la clorofila), y necrosis.

Trióxido de azufre. SO_3 .

- Gas incoloro.
- Muy reactivo. En condiciones normales no se encuentra en la atmósfera, ya que reacciona con agua formando H_2SO_4 .

Sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). H_2S

- Muy minoritario en la atmósfera.
- desprende malos olores (a huevos podridos).
- Su origen en la atmósfera puede ser:
 1. Natural: erupciones volcánicas, putrefacciones ...
 2. Antropogénico: escapes accidentales en refinerías de petróleo...

Óxidos de nitrógeno.

Los que más interés tienen como contaminantes son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2).

Óxido nítrico (NO):

- Gas incoloro e inodoro.
- No inflamable.
- Tóxico.

Dióxido de nitrógeno (NO_2):

- Gas pardo rojizo.
- Olor muy asfixiante.
- Tóxico. Produce afecciones respiratorias.
- En los pulmones se transforma en nitrosomas, que tienen efectos cancerígenos.
- En las plantas produce clorosis (cambios de coloración de las hojas) y necrosis (descomposición de los tejidos de las hojas).
- Decoloran y estropean las fibras textiles.

Se utiliza normalmente el símbolo NO_x para representar colectivamente al NO y NO_2 implicados en la contaminación atmosférica.

Origen de los NO_x : la mayor parte de los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante los procesos de combustión a temperaturas elevadas.

Compuestos orgánicos.

Hidrocarburos.

-Se originan en las industrias del petróleo, las plantas de tratamiento de gas natural y los escapes de los vehículos.

- Algunos, como el CH_4 se origina en zonas pantanosas y de descomposición anaeróbica de la materia orgánica.

Compuestos orgánicos volátiles. (COV).

- Son gases a la temperatura ambiente.

- Como ejemplo podemos poner los compuestos orgánicos volátiles con azufre, que pueden proceder de industrias papeleras y de refinerías de petróleo.

Compuestos orgánicos halogenados.

- Las dioxinas y furanos se forman en el transcurso de determinadas reacciones intermedias en la incineración de residuos orgánicos con sustancias cloradas.

- Tienen efectos cancerígenos.

Óxidos de carbono.

Monóxido de carbono (CO).

- Es un contaminante muy abundante en el entorno de las grandes ciudades.
- Gas incoloro e inodoro.
- Se produce por:
 - Combustión incompleta del carbón.
 - Disociación del CO_2 a elevadas temperaturas.
 - Oxidación atmosférica del metano (CH_4) procedente de la fermentación anaerobia de materia orgánica.
- Los principales problemas de contaminación atmosférica por monóxido de carbono son debidos a la combustión incompleta de arburantes en los automóviles.
- Muy tóxico: se combina con la hemoglobina de la sangre, dando lugar a la carboxihemoglobina, lo que reduce la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno desde la sangre hasta los tejidos.

Dióxido de carbono.

- Gas incoloro e inodoro.
- No tóxico.
- No puede considerarse como contaminante, aunque si su concentración en la atmósfera es muy elevada (debido, por ejemplo, a acciones antropogénicas) influye mucho en el aumento del efecto invernadero, y por tanto en el clima.

Compuestos halogenados y derivados.

Cloro (Cl₂).

- Muy tóxico.
- Olor sofocante e irritante para las mucosas.
- Produce decoloración de las hojas.
- El cloro es generado en la atmósfera por la quema de vegetación y en las erupciones volcánicas.
- También forma parte de los gases expulsados por el tubo de escape de los automóviles.

Ácido clorhídrico (HCl).

- Muy tóxico e irritante.
- Pasa a la atmósfera a partir de erupciones volcánicas.

Ácido fluorhídrico (HF).

- Altamente corrosivo.
- Puesto en contacto con la piel y las mucosas origina graves irritaciones.
- El HF y algunos derivados (fluoruros) se originan por las emisiones de determinadas industrias (Ej., industria del aluminio, de fertilizantes fosfatados, vidrio, cerámica o la combustión del carbón vegetal).

Clorofluorcarbonados (CFC).

- Gases que se expulsan a la atmósfera a partir de ciertos productos industriales (Ej., se usa como gas propulsor para recipientes con lacas, colonias y otros productos y en la industria frigorífica, aunque cada vez en menor proporción).
- Son gases estables.
- No tóxicos.
- Tienen mucha importancia en los procesos de destrucción del ozono estratosférico, como se verá más adelante.

Metales pesados.

- Elementos químicos que normalmente están presentes en la atmósfera en muy bajas concentraciones.
- No son degradables ni química ni biológicamente por la naturaleza, lo que origina que se acumulen en ella.
- Como consecuencia de esto, al pasar a los seres vivos se acumula en ellos y mediante la cadena trófica pasar de unos a otros, acumulándose en cantidades peligrosas en los últimos eslabones de la cadena trófica.
- Ejemplo: plomo, que a partir de ciertas cantidades puede ocasionar daños al sistema nervioso.

Olores.

- Pueden considerarse contaminantes cuando producen un malestar a la población.
- Este tipo de contaminación dependerá no solo del olor, sino también de la intensidad del mismo.
- Como es una apreciación subjetiva, para considerar un olor como contaminante nos tenemos que basar en la apreciación general de un amplio número de personas.
- Ejemplos:

- Ácido sulfhídrico: olor a huevos podridos.
- Ácido butírico: olor a rancio.
- Fenol: olor a medicina
- Etc.

Descripción de la contaminación química por contaminantes secundarios:

Se producen como consecuencia de las reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera.

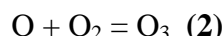
La formación de los oxidantes se ve favorecida en situaciones estacionarias de altas presiones (anticiclones) asociados a una fuerte insolación y vientos débiles que dificultan la dispersión de los contaminantes primarios.

Los aspectos generales se pueden resumir así:

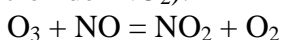
- Formación de ozono (O₃) a partir de la fotólisis del NO₂:



- El oxígeno atómico formado reacciona muy rápidamente con el oxígeno molecular y origina ozono:



- En **ausencia de hidrocarburos** en la atmósfera, el ozono reacciona de nuevo con el NO (originado por la descomposición del NO₂):



Por tanto, en este caso, al formarse y destruirse el O₃, no es grande la cantidad de ozono en la troposfera.

- La **presencia de hidrocarburos** en el aire, permite que el NO generado por la descomposición del NO₂ se oxide rápidamente, dando otra vez NO₂.

Al haber más NO₂, se formará NO y por tanto O₃ (Ver reacciones (1) y (2))

- El **resultado final** de este proceso es la producción en el seno de la atmósfera de una mezcla de sustancias de gran poder oxidante.

- Producen irritación de las mucosas y de los ojos
- Provocan manchas en las hojas.

- Otros contaminantes secundarios:

- H₂SO₄ (Componente de la “lluvia ácida”)
- HNO₃ (Componente de la “lluvia ácida”)
- PAN (Nitrato de peroxiacilo). Produce irritación en las vías respiratorias y en los ojos.

Descripción de la contaminación atmosférica por formas de energía

Vamos a distinguir tres grupos:

- b.1 Radiaciones ionizantes.
- b.2 radiaciones no ionizantes
- b.3 El ruido.

b.1 Radiaciones ionizantes.

Son aquellas que debido a su alta energía producen ionización en nuestras moléculas.

Aunque algunas de las sustancias que emiten radiaciones ionizantes se encuentran en el medio en estado natural, las grandes cantidades de actividades con materiales radiactivos pueden provocar un aumento en la atmósfera, lo que implica un riesgo para la salud.

Hay elementos inestables cuyos átomos sufren un proceso natural de desintegración por el que van perdiendo partículas atómicas y transformándose en átomos de otros elementos, que a su vez pueden emitir partículas, hasta que llega un momento que se estabilizan. Estas transformaciones pueden durar muchísimos años, y mientras tiene lugar, los elementos radiactivos emiten distintos tipos de radiación en forma de partículas:

- Partículas alfa: son núcleos de átomos de helio, con 2 protones y 2 neutrones. Tienen carga eléctrica positiva (+).
- Partículas Beta: Son electrones. Tienen carga eléctrica negativa. (-)
- Radiación X y gamma: son ondas electromagnéticas. Tienen gran poder de penetración: la radiación gamma puede atravesar una lámina de plomo de varios centímetros de espesor, e incluso planchas de acero de hasta 30 centímetros.
-
- El origen de las radiaciones ionizantes puede ser:
 - a) Natural.
 - b) por actividades humanas. Ej., en usos médicos, en actividades de investigación, centrales nucleares etc., pueden haber escapes a la atmósfera por descontrol o accidente.
- Producen efectos sobre las células vivas a través de la ionización que originan en sus moléculas y átomos. Ej., los cambios en el ADN llevan a procesos cancerosos, a mutaciones genéticas y a la muerte celular.

b.2 Radiaciones no ionizantes.

No provocan la ionización de los átomos, por lo que no modifican la estructura de la materia.

Comprenden las radiaciones infrarrojas y ondas largas en general.

Estas radiaciones también pueden tener un origen natural (por los rayos del Sol y superficie de la Tierra) o bien ser causados por actividades humanas (telefonía móvil, radiación de luz artificial visible, ondas de radio y televisión...).

Sobre los efectos de estas radiaciones sobre el medio ambiente, en algunos casos caso está demostrado y en otros se está investigando debido a lo reciente de algunas tecnologías, como es en caso de la telefonía móvil.

Por poner algún ejemplo, se sabe que la luz artificial modifica el ritmo biológico de animales nocturnos.

En otros casos podemos decir que los efectos dependen de:

- La cercanía a la fuente productora de la radiación.
- La intensidad de la radiación.
- Tiempo de exposición a la radiación.
- Se han hecho investigaciones sobre los efectos de las radiaciones no ionizantes sobre el sistema nervioso, indicando que podrían ocasionar insomnio, alteraciones del

comportamiento, ansiedad etc., aunque como hemos dicho, estos estudios hoy por hoy todavía no son determinantes.

b.3 Contaminación por el ruido.

El **ruido** se puede considerar como un sonido no deseado que afecta a la salud.

Las **causas de emisión de ruidos** pueden ser de dos tipos:

- Causas **naturales**: viento, tormentas, desprendimientos...
- Debido a **actividades humanas**. Entre ellas podemos considerar:

- **Transporte**:

- Tráfico rodado: automóviles, autobuses, camiones, motocicletas.
- Tráfico ferroviario: cerca de las vías del tren...
- Tráfico aéreo: cerca de los aeropuertos...

- **Industria**:

- En las fábricas, canteras etc. se producen gran cantidad de ruidos no deseados que afectan a las personas que trabajan en estos lugares y los de las proximidades.

- En **actividades urbanas**:

- Obras públicas y construcción.
- Domésticos: (televisión, radio y música muy alta de sonido, cisternas de noche, aspiradoras).
- Señalizaciones sonoras: sirenas, alarmas etc.
- Actividades recreativas: salas de fiesta, terrazas, fuegos artificiales, actuaciones musicales al aire libre, concentración de muchas personas en espacios pequeños etc.

Los **efectos** de la contaminación acústica dependen de una serie de factores, como son:

- Tiempo de exposición al ruido
- Intensidad.
- Edad de las personas afectadas por el ruido.
- Estilo de vida (tranquila, muy dinámica,..) y trabajo que normalmente ejerce el individuo (en un mercado cara al público, en una cantera, o bien trabajo de estudio con un nivel mínimo de sonoridad, etc.)

Podemos dividir los efectos en dos grupos:

- Efectos **fisiológicos**: Pérdida de audición (en casos extremos), aumento del ritmo cardíaco (no esperar un ruido. Ej., un petardo), aumento de la secreción de adrenalina.
- Efectos **psíquicos**: irritabilidad, estrés, alteraciones del sueño (Ej., caso de un ruido que nos despierta a media noche: tren que pita, disparo, etc.)

En **resumen**, podemos decir que la contaminación acústica afecta a nuestra salud tanto fisiológica como psíquica, y que tiene también repercusiones sociales, como son una mayor dificultad de comunicación oral y en muchos casos un menor rendimiento laboral (Ej., explicación de clase en donde hay ruido o se escucha del exterior ruido).

Efectos producidos por los contaminantes atmosféricos

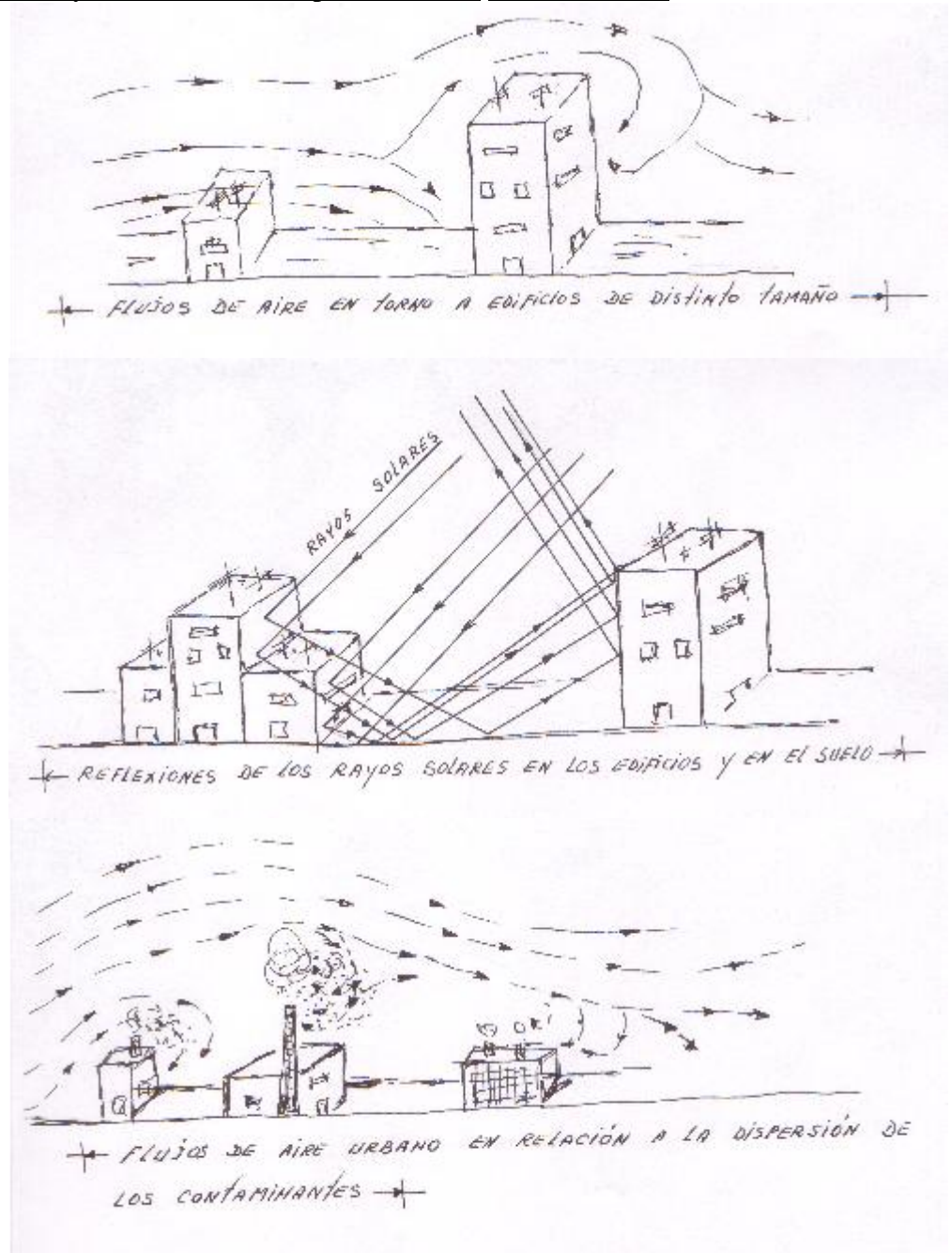
Contaminantes	Efectos sobre la salud	Efectos sobre las plantas	Efectos sobre los materiales
Aerosoles y partículas	- Afecciones respiratorias.	- Obstrucción de los estomas. .	Suciedad en los edificios.
SO ₂	- Afecciones respiratorias. - Irritaciones en los ojos (a concentraciones > 8 ppm)	- Clorosis - Necrosis	Aceleran la corrosión de los metales, como el acero.
NO ₂	- Afecciones respiratorias - En los pulmones pueden dar lugar a nitrosomas, con efectos cancerígenos.	-Clorosis - Necrosis	Decoloran y estropean las fibras textiles.
Dioxinas y Furanos	Tienen efectos cancerígenos.		
CO	- Muy tóxico - Reduce la capacidad de la hemoglobina para el transporte del O ₂ desde la sangre a los tejidos.		
Metales pesados	Pb: daños en el sistema nervioso		
PAN	- Irritación ojos y en vías respiratorias.		
O ₃ troposférico	-A concentr.> 0,3 ppm: sequedad en la garganta, dolores de cabeza. - A concentr.> 1ppm: dificultad respiratoria.	Provoca el cierre de los estomas (reduce la actividad fotosintética)	
H ₂ SO ₄ y HNO ₃		Efectos de la lluvia ácida	Efectos de la lluvia ácida
Radiaciones ionizantes	Ioniza moléculas y átomos	Ioniza moléculas y átomos	
Ruido	Efectos fisiológicos: pérdida de audición, taquicardias Efect. Psicológicos: Irritabilidad, estrés		

Factores que intensifican la contaminación local: Inversión térmica, condiciones atmosféricas y características geográficas y topográficas.

Inversión térmica.

En los núcleos urbanos se origina un microclima que influye de manera decisiva en la dispersión de los contaminantes. Este microclima es consecuencia de la propia estructura de las ciudades, así como de la contaminación acumulada en ellas.

En cuanto al flujo de aire, la estructura en calles de las ciudades hace que el viento se canalice, y los edificios de diferente altura originan turbulencias en las masas de aire, lo que trae como consecuencia una mayor dificultad en dispersión de los contaminantes.



Por otra parte, en las ciudades se acumula calor, en cuanto que en ellas abundan los materiales de construcción (hormigón, ladrillo, asfalto, acero, vidrio...) que tienen una conductividad térmica y una capacidad calorífica mayores

que el suelo natural). Si a esto sumamos los efectos de las actividades humanas: calefacciones, automóviles, fábricas, etc., el resultado es que la temperatura de las ciudades es algo mayor que la de las áreas circundantes.

La contaminación atmosférica en las ciudades favorece la formación de una capa de **inversión térmica**, variable según condiciones climáticas de la zona en donde esté ubicada la ciudad, y también variable a lo largo del día.

Los contaminantes atmosféricos absorben radiación solar incidente, lo que conduce a que a la altura en donde se encuentran, la temperatura es superior al de las capas inferiores y superiores; esto trae como consecuencia el que se quede estancada esta capa de contaminantes al ser impedida su ascensión por el aire más frío que se encuentra encima, lo que origina que encima de las ciudades se forma una **“cúpula de contaminantes”**.

Esta capa de inversión térmica empieza a formarse por la mañana muy temprano cuando se inician las actividades laborales, con los automóviles, calefacciones, etc. y alcanza su máximo al mediodía, con el máximo de radiación solar, y por tanto con un máximo de contaminación fotoquímica secundaria, que da lugar una mayor absorción de radiación y calentamiento.

La capa de contaminantes continúa hasta después de ponerse el sol, destruyéndose posteriormente en parte debido a la acción de los flujos de aire que se generan en los núcleos urbanos en estas horas.

El movimiento de los contaminantes en la atmósfera viene determinado por el régimen particular de vientos que se establece en una ciudad a causa de la diferencia de temperaturas entre las zonas periféricas y el centro de la ciudad, que es donde se encuentra el área más cálida por ser el lugar de mayor concentración de edificaciones.

Hacia la media mañana, el aire cálido del núcleo urbano empieza a ascender, siendo reemplazado por el aire más fresco de los alrededores, con lo cual se establece una corriente de aire.

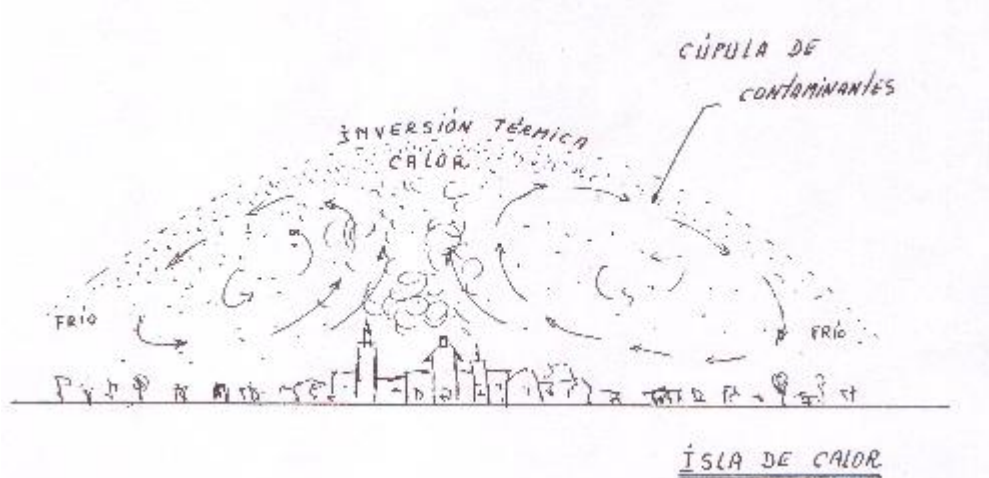
Como al mediodía la radiación incide con su máxima fuerza tanto en la ciudad como en los alrededores, la diferencia entre ambas partes es muy pequeña y la circulación de aire se debilita.

Al atardecer, vuelve a haber una mayor temperatura en el centro de la ciudad, en donde debido a la edificación más densa y compacta que en la periferia hay más reflexiones de la radiación solar y se mantiene más el calor que en las afueras; esto hace que haya otra vez, al igual que por la mañana, una mayor circulación de aire.

Por la noche, en el suelo, y tejados de la ciudad hay una fuerte irradiación, perdiendo calor y enfriándose el aire en contacto con ellos, con lo que esta capa de aire se encuentra a menor temperatura que las capas que tiene por encima, originándose una capa de inversión térmica. De todas maneras, el enfriamiento de la ciudad durante la noche es más lento que en los alrededores, además de que el aire caliente aquí asciende menos debido a la barrera térmica que forma la cúpula de contaminantes sobre la ciudad. El resultado es que aumenta más la diferencia de temperatura entre la ciudad y los alrededores.

Esta circulación de aire que se origina entre el núcleo urbano y la periferia da lugar a un movimiento cíclico del aire en la ciudad, formándose lo que se conoce como **isla de calor**, es decir, una situación en la que no se disipa fácilmente el calor de la ciudad, y que por otra parte tampoco se favorece la dispersión de los contaminantes, que siguen el movimiento de las masas de aire, sobre todo las partículas sólidas en suspensión.

Las partículas que forman la cúpula de contaminantes se enfrían por la noche y pueden formar núcleos de condensación de la humedad de aire urbano. Si el vapor de agua se empieza a condensar, forma una niebla que retarda el enfriamiento de la superficie de la ciudad, y que impide la dispersión de las partículas, que de esta manera seguirán contaminando el núcleo urbano al día siguiente.



Condiciones atmosféricas.

Las condiciones atmosféricas de una región influyen decisivamente en la dispersión de la contaminación local. Así pues, si nos encontramos con una situación anticiclónica, es de prever ausencia de lluvias. El movimiento natural del aire en los anticiclones es hacia abajo; conforme baja el aire se va calentando y la nubosidad que pueda haber se va poco a poco disipando. Por tanto tenemos un tiempo despejado, sin nubosidad, con lo cual durante la noche el calor del suelo se irradia hacia la atmósfera, sin que haya nubosidad que lo devuelva al suelo. Como consecuencia, se va enfriando poco a poco el suelo y por tanto el aire en contacto con él, con una temperatura inferior a la de capas superiores y originando una inversión térmica. Toda la contaminación se acumula debajo de esta inversión térmica enturbiando la atmósfera.

Cuando hay suficiente humedad en el aire, puede llegarse a la saturación, y durante la noche en que el aire en contacto con la superficie se enfría, se pueden formar nieblas, ya que este aire saturado no puede ascender debido a la inversión térmica.

Si el anticiclón permanece varios días, el aire llega a acumular una enorme cantidad de contaminantes, sobre todo en las grandes ciudades.

Por el contrario, cuando las condiciones atmosféricas regionales corresponden a una situación de borrasca, el aire se concentra en superficie para luego ascender, arrastrando el aire contaminado y purificando la atmósfera. A esta situación se suele sumar el hecho de que en una situación atmosférica de borrasca se originan lluvias, las cuales arrastran los contaminantes hacia el suelo y son dispersados con el agua de lluvia.

Como consecuencia de la polución en los núcleos urbanos, podemos encontrarnos con una situación de **“smog”**, palabra que proviene de la contracción de las palabras inglesas “smoke = humo” y “fog = niebla”, pudiéndose diferenciar dos tipos dentro de esta contaminación de “smog”:

- a) El **“smog” clásico**, estudiado a fondo después de la enorme contaminación ocurrida en Londres en 1952, y que es propio de atmósferas con alto contenido en SO_2 procedentes de zonas donde hay muchas combustiones de carbón, y unas condiciones climatológicas de poco movimiento de aire. Las partículas de humo, junto con el SO_2 y los óxidos de nitrógeno, pueden dar respectivamente mediante una serie de reacciones ácido sulfúrico y ácido nítrico entre el las gotitas de la niebla.
- b) El **“smog fotoquímico”** tiene un origen más complicado que el caso anterior, en cuanto que intervienen los contaminantes secundarios (O_3 , PAN etc.) que se forman por reacciones

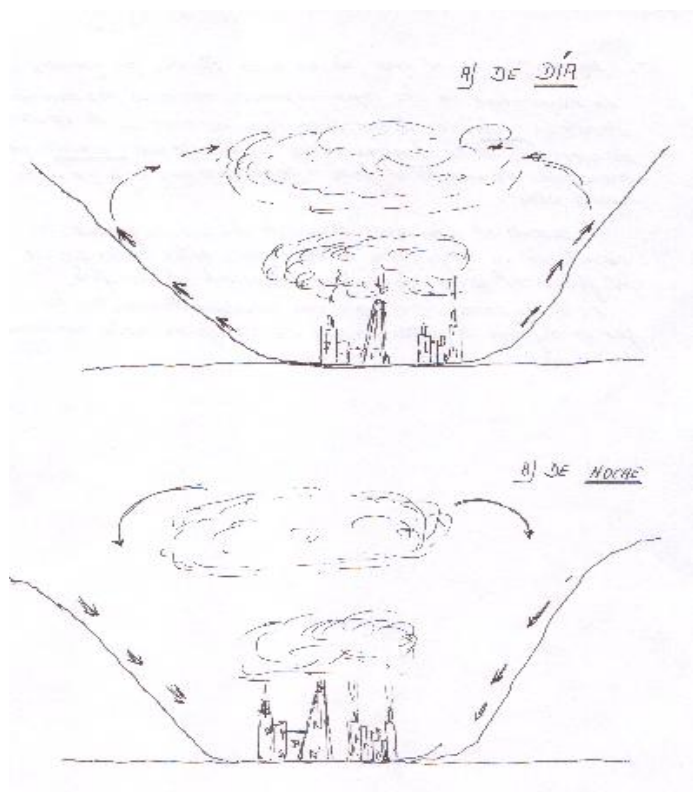
fotoquímicas, y por tanto con la intervención de la energía solar. Todo ello acompañado de una reducción de la visibilidad a consecuencia de la concentración de las partículas sólidas y líquidas, originándose una bruma. En situaciones anticiclónicas, y a las horas de mayor

Características geográficas y topográficas.

En la dispersión de los contaminantes atmosféricos, no solo influyen los núcleos urbanos, con sus características de número de habitantes y cantidad de edificios y altura de estos, calefacciones, tráfico, industrias y clima regional donde está ubicada la ciudad, sino también otros como son la topografía y la cantidad mayor o menor de vegetación que haya en la zona.

La **topografía** influye en las masas de aire que pueden arrastrar a los contaminantes. Así, no es lo mismo que tengamos una zona más o menos llana, que no presente ningún obstáculo al flujo de aire, a que tengamos una zona montañosa o una zona de valle, o bien que estemos en una zona costera o en una zona del interior

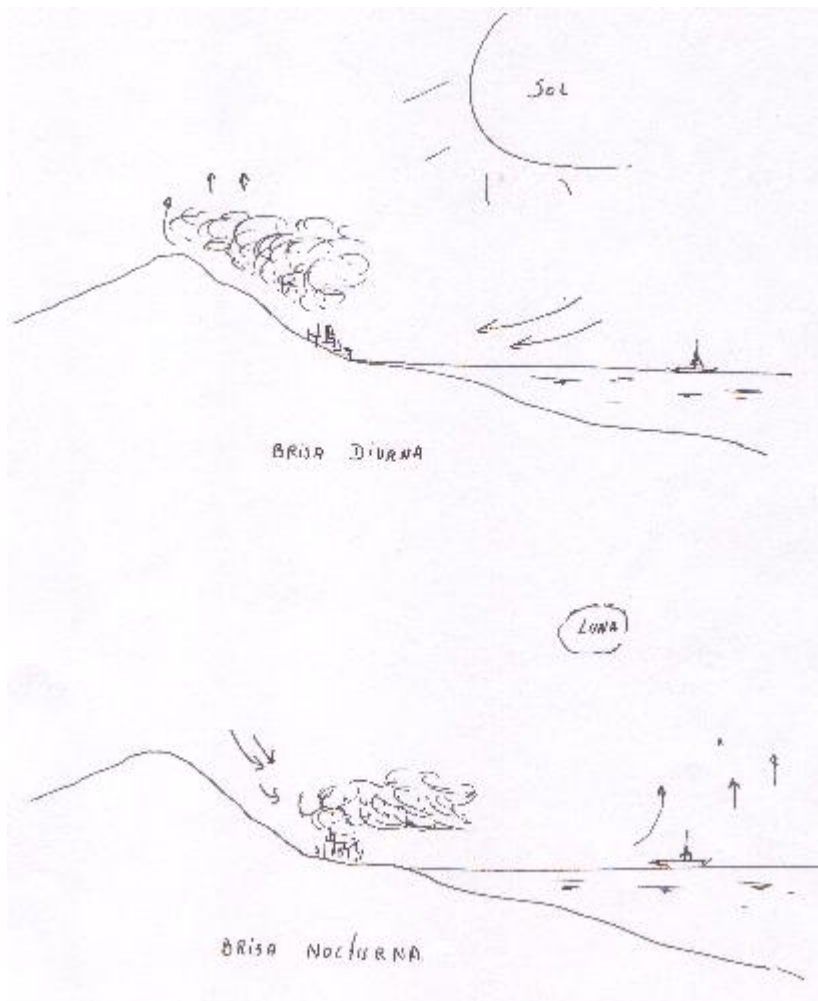
Por ejemplo, si nos encontramos un **núcleo urbano ubicado en una valle**, ya hemos visto que en estas zonas y durante la noche la temperatura de las laderas desciende, efectuándose un descenso de aire frío hacia el fondo del valle, y originándose una inversión térmica, pues debido a este descenso de aire frío el fondo se encuentra menor temperatura que las zonas más altas del valle. Durante el día las laderas se calientan más que el fondo, que sigue por tanto estando más frío, y por consiguiente sigue existiendo una inversión térmica. Como vemos por tanto, en una ciudad situada en el fondo de un valle no se tienen las condiciones idóneas para la dispersión de los contaminantes.



En las **zonas costeras** influyen las brisas marinas diurna y nocturna en la dispersión de los contaminantes. Como ya hemos estudiado, durante el día la brisa se dirige hacia el continente (se calienta antes el continente y este aire caliente es desplazado por otro más frío procedente del mar), con lo cual los contaminantes que se producen en el litoral son dirigidos hacia el interior del continente.

Durante la noche la brisa se dirige hacia el mar (el continente se enfría antes y este aire más frío se desplaza hacia el mar, cuyo aire al ser más cálido se ha remontado).

El resultado es que los contaminantes son dirigidos mar adentro, aunque al no alejarse mucho de la costa, a la mañana siguiente nos encontramos otra vez con que estos contaminantes se dirigen hacia el litoral.



Los **bosques** y en general las **masas vegetales** también influyen en la dispersión de los contaminantes, puesto que las masas vegetales reducen la velocidad del viento, y además, los contaminantes pueden quedar retenidos entre las hojas, y cuando llueva caer al suelo con las gotas de lluvia.

También la vegetación contribuye a quitar del medio CO_2 , con lo cual contribuyen a no incrementar el efecto invernadero, además de expulsar a la atmósfera O_2 .

Los grandes impactos: el aumento de CO_2 en la atmósfera y su influencia en el efecto invernadero; la alteración de la capa de ozono y sus consecuencias; la lluvia ácida;

El aumento de CO₂ en la atmósfera y su influencia en el efecto invernadero.

En la atmósfera hay ciertos gases, como el vapor de agua, el dióxido de carbono y otros como el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y ozono troposférico (O₃) que son opacos a la radiación infrarroja, y sin embargo son transparentes a otro tipo de radiaciones. A este fenómeno se le conoce con el nombre de efecto invernadero. En un invernadero, el cristal favorece el almacenamiento de la radiación solar, pues al ser transparente permite el paso de las radiaciones de onda corta de los rayos solares que producen el calentamiento del suelo del invernadero. Parte de este calor, transformado en radiación infrarroja es irradiado de nuevo por el suelo; sin embargo, el cristal, opaco a este tipo de radiación, lo devuelve de nuevo al interior del invernadero.

El cristal es para el invernadero lo que el vapor de agua, CO₂, N₂O etc. es para la superficie terrestre.

La cantidad de calor “atrapado” dependerá de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Dicha concentración no es permanente, sino que depende de una serie de factores englobados por Ej., en los llamados ciclos del agua y del carbono (ya se verán).

El **CO₂** es el gas de mayor influencia en el efecto invernadero (del orden de un 55% a un 80% del efecto invernadero), con lo cual, un aumento del CO₂ en la atmósfera debido a causas antropogénicas tendrá un impacto significativo en la temperatura mundial por absorción y remisión de la radiación procedente de la Tierra y de la atmósfera, hecho que han puesto de manifiesto los científicos que puede ocurrir si se siguen incrementando desmesuradamente las emanaciones de CO₂ a la atmósfera.

En la combustión de los combustibles fósiles y en los incendios forestales se producen grandes cantidades de CO₂, y por otra parte estos incendios forestales y la tala progresiva de los bosques produce una disminución de las masas forestales, además de una degradación del suelo y por tanto una desertificación, y todo esto trae como consecuencia entre otras cosas el que al disminuir las masa vegetales, disminuye la absorción del CO₂ atmosférico por estas. Según algunos estudios, si se duplicara la concentración actual del CO₂ en la atmósfera, podría aumentar en dos o tres grados centígrados la temperatura de la misma. Como consecuencia de ello los polos empezarían a derretirse, aumentando el nivel del mar, y por otra parte en las zonas lluviosas se incrementarán las precipitaciones, y las zonas áridas serán aún más áridas.

Las investigaciones en los núcleos de hielo profundos tomados en la Antártida han permitido estudiar los cambios de la composición atmosférica en el pasado, extrayendo las burbujas de aire atrapadas en el hielo antiguo. Ello evidencia las grandes variaciones naturales de la concentración de CO₂ durante el último ciclo de la era glacial. Estas variaciones de hasta 100 partes por millón (ppm) fueron contemporáneas de unos cambios de temperatura que se estima que fueron de hasta 10°C.

La alteración de la capa de ozono y sus consecuencias.

Introducción:

En 1985 se publicó un artículo por un equipo de expertos del Servicio Británico de exploración Antártica, según el cual entre 1977 a 1984 las observaciones y experimentaciones realizadas demostraban que había habido un decrecimiento de la cantidad de ozono estratosférico durante las primaveras en la base antártica británica.

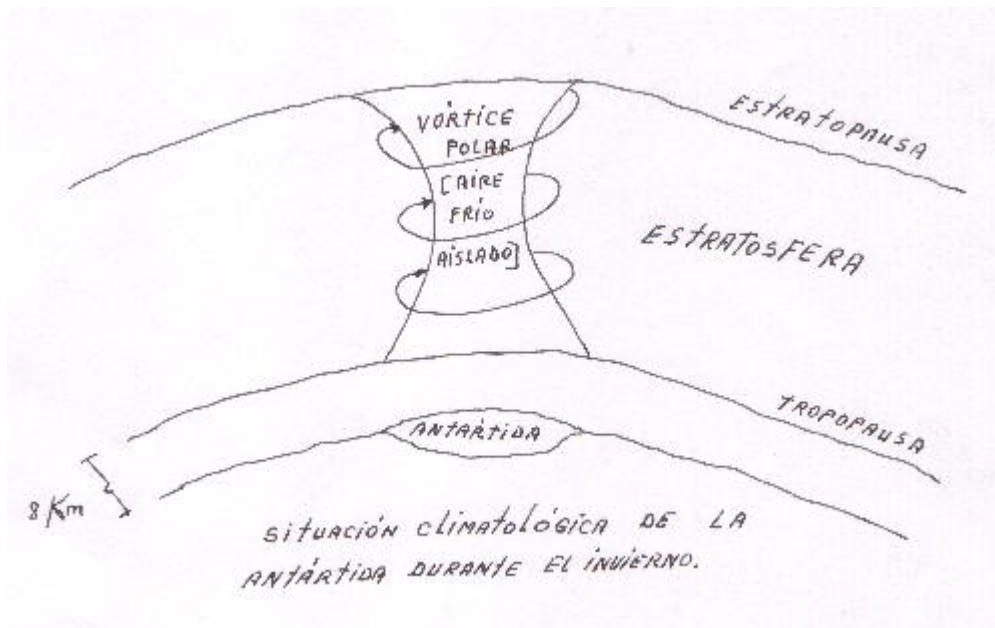
A este decrecimiento se le denominó **“agujero de ozono”**.

Importancia: El ozono no constituye ni una parte por millón (1 ppm) de los gases de la atmósfera, pero es muy importante porque absorbe la mayor parte de los rayos UV procedentes del sol, evitando que alcance la superficie de la Tierra.

La **razón** de que haya una mayor disminución de O₃ en primavera que en otras estaciones del año se atribuyen a dos causas:

1. Existencia del **vórtice polar**: En la Antártida, y durante los meses de invierno, la ausencia de radiación provoca el progresivo enfriamiento de la atmósfera y, en consecuencia, el descenso del aire. Los vientos estratosféricos adquieren velocidad y comienzan a girar alrededor del casquete polar con una intensidad que aumenta continuamente y que, al llegar la primavera, pueden sobrepasar los 400 kilómetros por hora.

Este cinturón de vientos, denominado **vórtice polar**, aísla casi por completo el aire de su interior, impidiendo los intercambios con masas de aire procedentes de latitudes mas bajas.



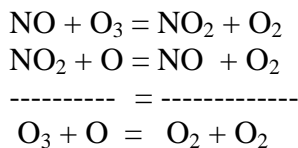
De esta manera, cuando el vórtice se establece a comienzos del invierno, el aire con todos los componentes que contenga –naturales o emitidos por la actividad humana –, queda situado en su interior, sin posibilidad de recibir aportes del exterior.

Por tanto, si un determinado compuesto químico provoca un proceso de destrucción del ozono, éste no podría ser compensado hasta la llegada de la primavera, cuando se produzca la rotura del vórtice y la desaparición de las condiciones de aislamiento, lo que permite que masas de aire de origen ecuatorial y tropical cargados de O₃ alcancen la estratosfera antártica.

2. Las bajas temperaturas de la noche antártica se deben a que durante la noche polar (6 meses al año) la atmósfera en este lugar experimenta un progresivo enfriamiento. Como ya veremos, en este época del año se forman las **nubes estratosféricas polares (NEP)**, que protege al ozono de agentes que pudieran destruirlo, mientras que con la llegada de la primavera la radiación solar comienza a calentar la atmósfera, produciéndose más radiación, y la destrucción de estas NEP, con lo que el ozono es más susceptible de destrucción.

Acción de los contaminantes

Estudios de laboratorio han demostrado la acción de ataque de ciertas sustancias sobre el ozono, como el caso de los NO_x y los CF (clorofluorocarbonos):



Este es un proceso catalítico, que puede efectuarse cientos de miles de veces; un aumento en la concentración de óxidos de nitrógeno podría ser muy perjudicial.

Los crecientes niveles de óxido nitroso (N₂O) en el ambiente provocados por el aumento de las combustiones y el uso de fertilizantes ricos en nitrógeno, junto con los provocados por las combustiones a altas temperaturas (como el caso de los que tienen lugar en la turbina de un avión) alertaron sobre la influencia de los NO_x sobre el equilibrio natural del O₃.

Bien es cierto que puede haber reacciones de algunos componentes, como el NO₂ y el OH (procedente por Ej. de la fotodisociación del vapor agua) eliminando de esta manera NO₂ del medio.



El HNO₃ puede descender hasta la troposfera, donde fácilmente puede ser eliminado de la atmósfera por procesos naturales, como puede ser la precipitación o disolución en mares y océanos.

Otros contaminantes al que se da una importancia fundamental en la destrucción del ozono son los compuestos de cloro, en particular los **clorofluorcarbonados**. Estas sustancias están constituidas por cloro, flúor y carbono y han servido como refrigerantes en neveras e instalaciones de aire acondicionado y propulsores para pulverizadores de aerosoles

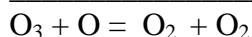
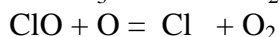
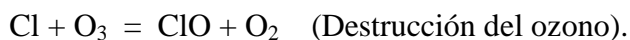
Estos componentes son muy estables y no fácilmente reactivos. Los gases inertes no se degradan fácilmente en la troposfera, y por tanto tales sustancias acabarán por penetrar en la estratosfera. Cuando estas moléculas suben por encima de 25 Km., donde la concentración de O₃ viene a ser máxima, quedan sometidas a una intensa radiación ultravioleta.

La **radiación UV** rompe moléculas estables como los clorofluorcarbonados transformándolas en otras formas más reactivas (átomos de cloro).

Los estudios de laboratorio han demostrado que el cloro destruye fácilmente el ozono; por otra parte, llegaban a la atmósfera millones de toneladas de **halocarburos (CFC)**, también llamados como hemos dicho ya anteriormente **clorofluorcarbonados**.

La acumulación de estos compuestos en la estratosfera podría llegar a alcanzar un nivel capaz de debilitar la capa de ozono, y más teniendo en cuenta que estos productos (Ej., el CFCl₃ y el CFCl₂) tienen una duración en la atmósfera de decenios de años: 75 y 100 años respectivamente).

Las reacciones químicas por las que se rompe el O₃ con los clorofluorcarbonados son las siguientes:



El cloro altera el equilibrio dinámico de formación- destrucción del O₃ estratosférico y reduce la cantidad de O₃ con la aceleración de la conversión de éste en 2 moléculas de oxígeno.

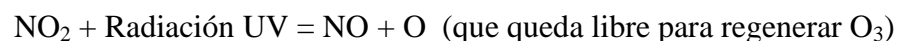
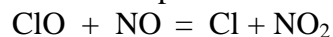
El cloro actúa catalíticamente, es decir, cada átomo de cloro puede destruir hasta 100.000 moléculas de ozono (antes de perder su actividad o volver a la troposfera), donde la precipitación y otros procesos lo eliminan de la atmósfera.

Cuando un átomo de cloro (Cl) choca con una molécula de ozono, el cloro roba el tercer átomo de oxígeno para formar un radical monóxido de cloro y una molécula de oxígeno.

Si un átomo de cloro se encuentra con un átomo libre de oxígeno, el oxígeno del ClO se siente fuertemente atraído por el átomo libre y rompe el radical para constituir una nueva molécula de oxígeno.

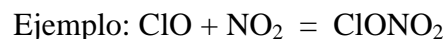
El cloro procedente del ClO queda libre y en condiciones de comenzar de nuevo la destrucción del ozono.

A este ciclo catalítico se oponen unas reacciones que se interponen a la destrucción del ozono:



Las otras reacciones que se interponen a la destrucción del ozono son:

un átomo de cloro o un radical monóxido de cloro se combina con otra molécula para formar un producto estable que actúa temporalmente como “depósito” de cloro. El cloro así combinado se muestra incapaz de para atacar al ozono.



De esta manera, se queda el cloro en forma de depósito inactivo para atacar al ozono.

(Con el tiempo, estos depósitos absorben radiación UV o reaccionan con otras sustancias químicas, se rompen y liberan el cloro que reanuda su destrucción catalítica del O₃)

Con el descubrimiento de la disminución de los niveles de ozono en la primavera de la Antártida (en un 40%) podríamos pensar que si hay una destrucción de O₃ con el cloro en un grado tan grande, es porque los óxidos de nitrógeno han sido eliminados de la estratosfera, y por tanto no hay “depósitos” de cloro del tipo ClONO₂.

Muchos investigadores piensan que las **nubes estratosféricas polares (NEP)** intervienen en la eliminación de los óxidos de nitrógeno. Estas nubes de gran altura (situadas entre 10 y 20 Kilómetros de altitud) habituales en la Antártida, se forman en invierno; la ausencia luz solar y el aislamiento de la región antártica al comenzar el invierno en el hemisferio sur debido al vórtice polar (que aísla la estratosfera antártica de la del resto del planeta, atrapando en su interior los compuestos “depósito”) provocan con frecuencia temperaturas estratosféricas por debajo de los 80 ° centígrados. Puede ocurrir que los compuestos de nitrógeno se condensen y se congelen en invierno, quedando incorporados en las partículas de las nubes y por tanto inhabilitados para reaccionar con el cloro.

La lluvia ácida.

- Por lluvia ácida se entiende precipitaciones de agua con un P^H inferior a 5,6.
- Las precipitaciones con esta acidez también pueden ser sólidas (nieve o granizo) o bien gotitas de niebla, por lo que en vez de lluvia ácida en muchos casos habría que hablar de precipitación ácida.
- Las precipitaciones ácidas pueden producirse:
 - a). Lejos de foco de contaminación. Es la denominada contaminación transfronteriza.

b). En las proximidades de las fuentes emisoras, en un espacio menor de 100 kilómetros.

- Los contaminantes que vuelven a la superficie de la tierra o del agua, lo pueden hacer de dos formas:

1. Mediante deposición seca:

Algunos de los óxidos de la atmósfera pueden volver a la superficie de la tierra o de las aguas en forma gaseosa o de aerosoles. Aunque esto puede ocurrir a una considerable distancia del foco emisor, en función de las condiciones de dispersión de los contaminantes, generalmente ocurre cerca del foco emisor.

2. Mediante deposición húmeda:

La mayor parte de los SO_2 y NO_x que se encuentran en la atmósfera se oxidan y dan lugar a ácido sulfúrico y ácido nítrico respectivamente. Estos ácidos se disuelven en las gotas de agua que forman las nubes y al haber una precipitación caen junto con el agua de lluvia, la nieve, el granizo o la niebla.

- Como ya hemos dicho, entre los compuestos que confieren el carácter ácido a las precipitaciones destacan el H_2SO_4 y el HNO_3 , que se forman en la atmósfera en contaminación secundaria a partir de precursores químicos - el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) -, emitidos desde tierra por causas naturales o artificiales.

- Una vez en la atmósfera, los precursores sufren una oxidación a la que se debe finalmente la acidificación de la lluvia.

- El SO_2 , por oxidación pasa a SO_3 , que en presencia de vapor de agua de la atmósfera, se transforma en H_2SO_4 .

- El monóxido de nitrógeno NO se transforma en la atmósfera en NO_2 y este a su vez se transforma, en presencia de radicales OH^- en ácido nítrico HNO_3 .

- En la precipitación **transfronteriza**, a grandes distancias, tiene gran importancia las trayectorias seguidas por una masa de aire. Así, por ejemplo, el carácter ácido de una masa de aire que haya tenido su origen en una zona contaminada y que llegue a la Península Ibérica a través del océano, se verá atenuado, e incluso neutralizado, por los cationes que capte durante su desplazamiento marítimo; o al contrario, una masa de aire de origen marítimo que tenga carácter básico puede llegar a producir precipitaciones ácidas si pasa por una región determinada.

El año 1979 se firmó el Convenio de Ginebra sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza y se estableció el programa EMP o Programa Europeo de Evaluación y Seguimiento, que fue ratificado por España en 1983.

Según este Convenio, los países firmantes se comprometen a la instalación de estaciones que midan parámetros meteorológicos típicos (temperatura, velocidad del viento, presión, humedad...) y, en cuanto a contaminantes, concentraciones de CO_2 , O_3 troposférico, CH_4 , partículas en suspensión, precipitaciones y otros. El agua recogida se examina en el laboratorio y se determina su P^{H} y las concentraciones de cationes y aniones.

Las estaciones EMP tienen que cumplir ciertos requisitos:

- Que se instalen en un medio rural, ajeno a la influencia de las ciudades.

- Que esté lejos de zonas edificadas.

- La distancia mínima entre el emplazamiento y el foco contaminante depende de la intensidad de la fuente; en el caso de centrales térmicas, será al menos de 40 Km.

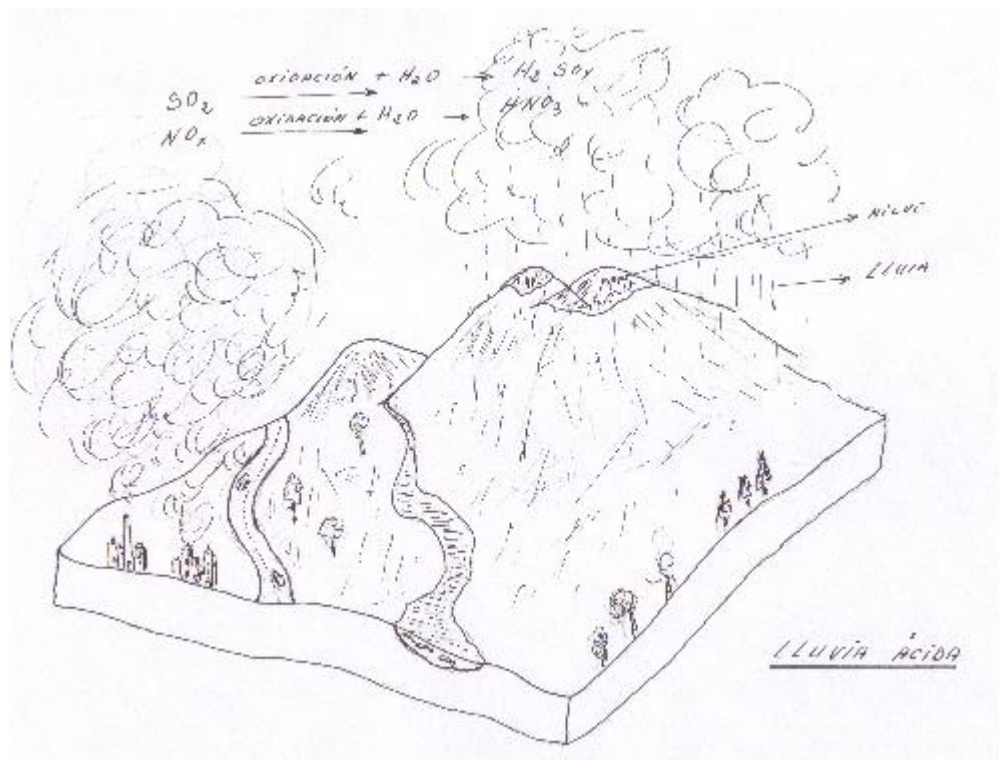
En resumen, se buscará un emplazamiento en un lugar en donde la contaminación de procedencia distante esté lo menos alterada posible por las fuentes contaminantes del entorno.

Si comparamos el P^H de las precipitaciones de nuestra península con el medido en el resto de Europa (datos de 1991) se pone de manifiesto que aún sin llegar a los extremos globales de acidez que se dan en otros países europeos como Francia, Italia, Reino Unido y Alemania (para las emisiones a la atmósfera de óxidos de nitrógeno) o como Reino Unido y Alemania (para las emisiones a la atmósfera de dióxido de azufre), **sí** se trata de un problema preocupante.

Prácticamente toda la península se halla afectada por la contaminación ácida aunque variable de unas zona a otras (menor en el Noroeste y en el Sureste).

La mayor acidez de agua de lluvia ácida registrada en Europa se ha observado en Escocia, donde el P^H ha llegado a ser de 2,4.

Las zonas de Europa que se encuentran expuestas a las masas de aire procedentes del Oeste, que al atravesar zonas altamente industrializadas- caso de Alemania o Gran Bretaña)- trasladan los contaminantes a zonas más o menos alejadas, pero que pagan las consecuencias de la contaminación, como es el caso de países como Noruega, Suecia, Dinamarca o Finlandia.



Efectos de La lluvia ácida.

La lluvia ácida manifiesta sus efectos en muchos campos de acción: corrosión de metales, alteración y descomposición de algunos materiales de construcción (Ej. mármoles y calizas), alteración de ecosistemas naturales, tanto terrestres como acuáticos, por variación de las propiedades químicas del suelo y de las aguas, etc.

4. El cambio climático.

Introducción.

Nos referimos al término clima para expresar al conjunto de fenómenos meteorológicos (temperatura, precipitaciones, etc.) que caracterizan a una determinada zona de la Tierra, no en un momento determinado (horas, días) sino considerando el estado medio de la atmósfera a lo largo de un período largo de tiempo (20 o 30 años).

La estabilidad de los climas tienen una validez limitada en el tiempo, como lo demuestran gran cantidad de indicios, por ejemplo la existencia de pinturas rupestres con escenas propias de clima de sabana y que se han encontrado en el Sahara actual, o fósiles de una vegetación de climas glaciares en zonas actualmente cálidas etc.; sin embargo no fue hasta los años 1840-50 cuando se establecieron argumentos claros y precisos de la existencia de las glaciaciones a las que ha estado sometida la Tierra en diversos momentos de su historia geológica.

Causas de los cambios climáticos:

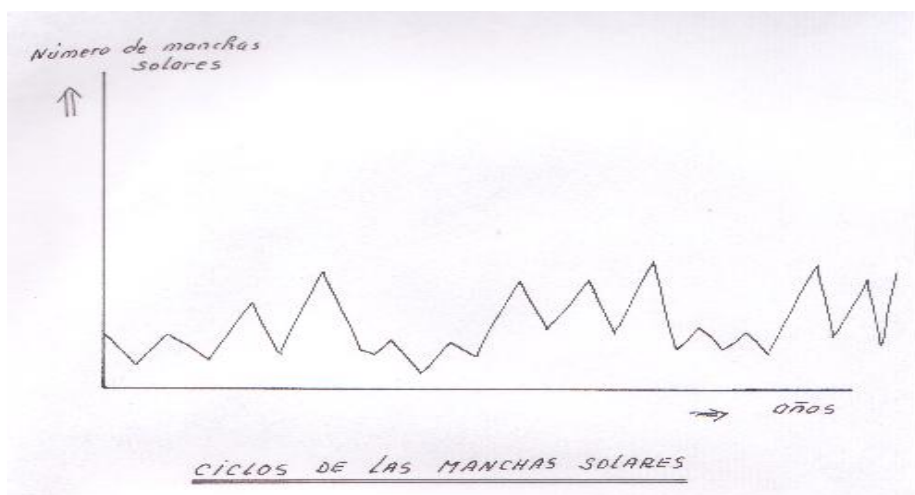
Los cambios climáticos pueden ser debidos a diversas causas que vamos a agrupar en:

- **A.-Causas naturales:**
 - o A.1 Oscilaciones climáticas debidas a los ciclos astronómicos
 - o A.2 Crisis climáticas debidas a fenómenos catastróficos: erupciones volcánicas.
 - o A.3 Influencia de los continentes y los océanos por los movimientos de las placas litosféricas.
 - o A.4 Cambios de intensidad del efecto invernadero.
- **B.-Causas debidas a la actividad humana.**

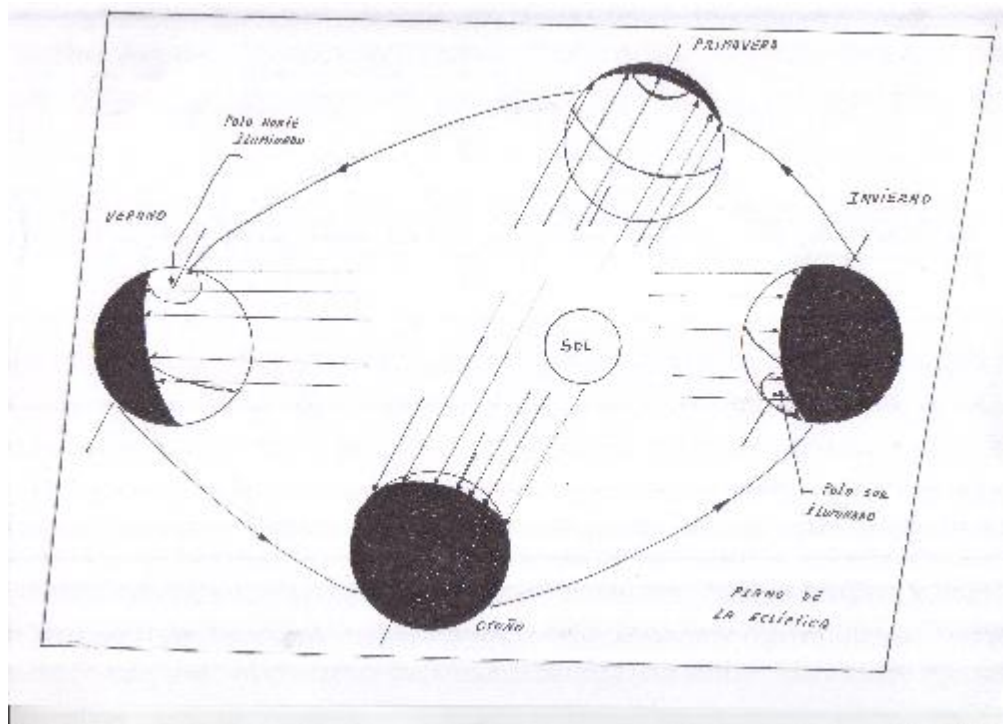
A.-Causas naturales.

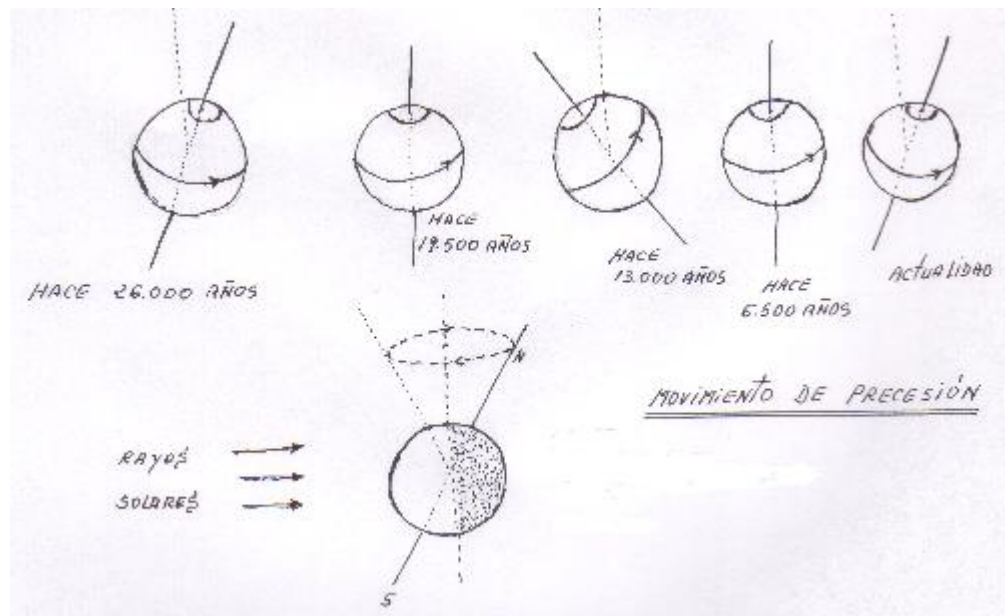
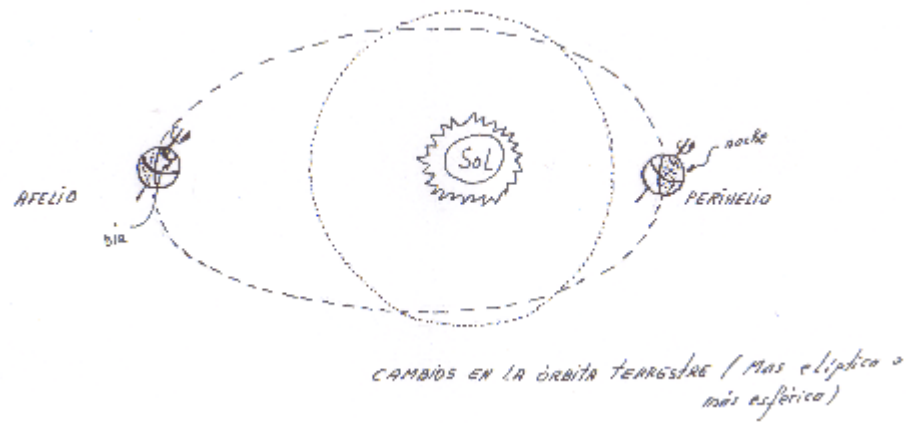
A.1 Oscilaciones climáticas debidas a los ciclos astronómicos. Vamos a diferenciar las siguientes:

- Variaciones en la emisión de la radiación solar. La radiación emitida por el Sol presenta variaciones cíclicas de dos tipos:
 - o Existe un ciclo cada 11 años en el que el Sol pasa de no tener ninguna característica manifiesta en su fisonomía externa a presentarse con unas manchas oscuras (las “manchas solares”).
 - o Hay un ciclo solar más largo, de 80 a 100 años y que por tanto engloba al ciclo anterior, en donde en las fases menos intensas la radiación que recibe la Tierra es menor que en otras fases de mayor intensidad.



- Excentricidad de la órbita terrestre alrededor del Sol. La órbita terrestre alrededor del Sol cambia de ser casi esférica a tener una forma más elíptica, con un período aproximado de 90.000 a 100.000 años. Cuando la órbita es más esférica la distribución del calor solar en la Tierra está más uniformemente repartido, puesto que la Tierra se encuentra siempre a la misma distancia del Sol. En los casos de máxima excentricidad, la Tierra está en determinadas posiciones más cerca del Sol (Perihelio) y en otras más alejado (Afelio). Sin embargo, no parece tener una gran repercusión sobre la cantidad total de energía recibida en la Tierra, ya que sólo varía en los casos extremos del orden del 0,1%.
- Inclinación del eje de la Tierra. Varía con un ciclo de unos 40.000 años, oscilando entre un valor máximo de $24,4^\circ$ y un valor mínimo de $21,8^\circ$ (en la actualidad la inclinación es de $23,4^\circ$). Esto tiene repercusión sobre la radiación solar recibida en las diferentes estaciones: se tendrán inviernos fríos y veranos calurosos cuando la inclinación es máxima, y contrastes más suavizados cuando la inclinación es mínima.





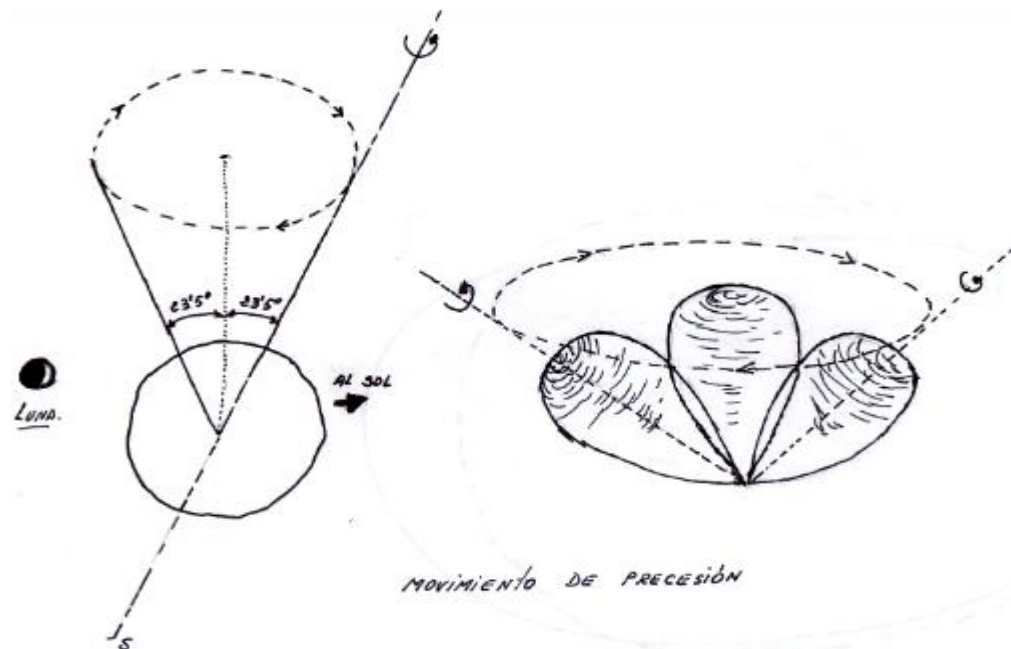
○ Movimiento de precesión.

Si la Tierra fuera completamente esférica, los movimientos de rotación y de traslación serían los únicos que tendría, pero como tiene una forma lo más parecido a un elipsoide aplastado por los polos y de forma irregular, la atracción gravitatoria del Sol y de la Luna sobre el ensanchamiento ecuatorial provocan una especie de lentísimo balanceo de nuestro planeta durante el movimiento de traslación que recibe el nombre de **precesión**.

Bajo la influencia de dichas atracciones, el eje de los polos terrestres va describiendo un cono de 47° de abertura cuyo vértice está en el centro de la Tierra. Este movimiento puede compararse con el balanceo de una peonza o trompo que al ser lanzado en posición algo inclinada, gira sobre su eje y mientras se traslada oscila lentamente trazando en el espacio un círculo que es la base de un cono cuyo vértice está en el extremo inferior de su eje.

Por ejemplo, hace unos 13.000 años, cuando la Tierra estaba más próxima al Sol (perihelio), era verano en el hemisferio norte, y no invierno como actualmente.

Una vuelta completa de este movimiento de precesión tiene una duración de 26.000 años.



El **efecto combinado** de los tres ciclos produce cambios en la distribución del calor entre las distintas latitudes y las distintas estaciones del año.

Basándose en datos astronómicos y geológicos, **Milankovich**, en 1970 estableció una teoría astronómica sobre las glaciaciones. El Cuaternario es el período geológico en el que nos encontramos, y que comenzó hace unos 1,6 millones de años. Este período de tiempo se divide en dos épocas, el **Pleistoceno**, el más antiguo, y el **Holoceno** que comprende desde hace unos 8.000 de años hasta la actualidad. Durante el **Pleistoceno** hubo varios períodos o episodios glaciares, en los que los hielos avanzaron hasta latitudes más bajas. Entre cada dos de estos episodios hubo un corto período interglaciar, más o menos cálidos. En el Cuaternario hubo cuatro periodos glaciares, estando actualmente en un período interglaciar que empezó hace unos 8.000 años, precisamente con el comienzo de lo que llamamos Holoceno.

A.2 Crisis climáticas debido a eventos catastróficos.

Las erupciones volcánicas expulsan a la atmósfera terrestre enormes cantidades de partículas y gases. Las partículas sólidas de tamaño pequeñísimo (aerosoles) pueden atravesar la troposfera y alcanzar la estratosfera cuando las erupciones son muy violentas; en este caso estas partículas pueden permanecer mucho tiempo en la estratosfera (del orden de un año para las partículas de diámetro mayor (entre 4 y 10 milimicras) y de hasta 12 años para las más pequeñas, de diámetro del orden de 0,5 y 1 milimicras. En general, podemos decir que sus efectos sobre el clima son la de **bloquear** parte de la radiación solar a nivel de la estratosfera, de tal manera que esta radiación no puede acceder a niveles más bajos, ya en la troposfera, provocando un enfriamiento de la superficie terrestre.

Esta acción sobre el clima se ha puesto de manifiesto a partir la observación de los efectos ejercidos por erupciones volcánicas bien estudiadas, como la del Krakatoa de 1883, o la del Santa Helena en 1980. Sobre la importancia de estos fenómenos, la opinión de algunos científicos es que no es demasiado grande en los grandes cambios climáticos, ya que la presencia en la atmósfera de estas partículas volcánicas es demasiado corta como para producir anomalías térmicas persistentes; otros autores sin embargo sí le conceden una gran importancia a este fenómeno, y se basan en que la coincidencia existente entre las grandes orogénias y los períodos glaciares, puede atribuirse a la abundancia de actividad volcánica durante las orogénias.

A.3 Influencia de la configuración de continentes y océanos por los movimientos de las placas litosféricas.

La teoría de la tectónica de placas nos dice que las placas se mueven unas en relación a otras, de tal manera que la configuración de continentes y océanos ha variado a lo largo del tiempo geológico, lo cual trae como consecuencia, entre otras cosas, una modificación del clima, pues al separarse zonas continentales y dejar por medio una cuenca oceánica (por Ej., el Atlántico), se producen corrientes oceánicas que influirán en el clima de las diferentes costas por las que pasan. Asimismo, en la conjunción de masas continentales habrá una mayor aridez del clima, ya que al ser extensas zonas continentales y no haber masas oceánicas de por medio, el aire será menos húmedo y como consecuencia se formarán menos masas nubosas, sobre todo si el aire sopla desde el interior de este gran continente, unión de otros.

A.4.-Cambios de intensidad del efecto invernadero

Los cambios producidos en la vegetación terrestre y en los organismos acuáticos fotosintéticos, así como los cambios en las circulaciones oceánicas, modificarán la composición de la atmósfera en algunos gases como el CO₂, cuya intervención es básica en el efecto invernadero. En los casos de una disminución de este gas, tendremos un menor efecto invernadero, y por tanto un enfriamiento de la superficie de la Tierra y del aire troposférico; un aumento del CO₂ traerá como consecuencia un mayor calentamiento de la superficie de la tierra y un clima más cálido.

B.- La influencia de la actividad humana en el cambio climático.

El Panel intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), financiado por las Naciones Unidas reconocía en 1995 que los seres humanos influyen de una manera apreciable sobre el clima global...

Hasta ahora, los cambios climáticos presuntamente relacionados con la actividad humana no han sido excesivamente elevados. Pero las previsiones de los expertos indican que de seguir aumentando la contaminación atmosférica por combustibles fósiles y la deforestación, como causas principales, por ahora, la influencia de la actividad humana sobre el clima, para mediados del siglo XXI alcanzará una intensidad bien manifiesta, superior a los que han ocurrido en la naturaleza en los últimos 10.000 años.

Las actividades humanas que más influyen en la atmósfera inferior (troposfera) y por tanto influyen sobre el clima son:

- la combustión de los **carburantes fósiles** en centrales térmicas, automóviles, calefacciones de fuel oil, etc.,expulsa partículas y gases que alteran la composición de la atmósfera: hay una contaminación visible a causa de los **combustibles ricos en azufre**, como en el caso de las centrales térmicas que utilizan carbón como combustible, el cual lleva también componentes con azufre; estos componentes de azufre está en partículas micrométricas (aerosoles), que enfrían la atmósfera al reflejar parte de las radiaciones solares hacia el espacio. Esta acción no es permanente, puesto que los contaminantes solo permanecen en la atmósfera unos días, hasta que la lluvia los barre y los deposita en la superficie terrestre. Hay otros gases desprendidos en la combustión que no son visibles pero que su efecto es más permanente: es el caso del **dióxido de carbono**, que puede permanecer en la atmósfera más de un siglo incrementando el efecto invernadero natural.

Según la opinión de los expertos, las emisiones de CO₂ a la atmósfera, se ha incrementado del orden de un 30% desde el comienzo de la Revolución Industrial, en el siglo XIX; aunque los océanos y las plantas ayudan a disminuir los efectos de esta aportación, extrayendo del aire una parte de este CO₂, pero las concentraciones del dióxido de carbono siguen aumentando, con la consecuencia inevitable de su efecto sobre el calentamiento global de la Tierra. De hecho, la mayoría de los expertos están de acuerdo en que la temperatura de la tierra ha subido al menos 0,6 ° C en los últimos 120 años, por culpa, en gran parte, de la quema de combustibles fósiles.

- La **deforestación** afecta al clima mundial principalmente de dos maneras: alterando la composición de la atmósfera e influyendo en el ciclo hidrológico y en las condiciones locales del suelo.

- La conversión de bosques en campos de labor elimina árboles que absorberían CO₂ de la atmósfera, con lo cual se incrementa el efecto invernadero.
- Las densas selvas tropicales tienen una gran influencia sobre el ciclo hidrológico debido a su gran evapotranspiración y a la reducción de la escorrentía superficial, ya que 1/3 de la lluvia que cae no llega al suelo porque es retenida por las hojas, donde se evapora.
- La destrucción de la selva hace que disminuya la evapotranspiración, la humedad atmosférica, la cantidad de lluvias locales y el nivel de las aguas subterráneas, aumentando por el contrario la escorrentía superficial y la erosión.

Como hemos dicho antes, en los últimos 120 años la temperatura media de la Tierra ha sufrido un aumento de unos 0,6 ° C, lo que nos hace suponer un aumento mayor si sigue el ritmo de crecimiento de la utilización de los combustibles fósiles y la deforestación. Este aumento de temperatura ocasionará un aumento de la evaporación del agua de los océanos, del suelo y de las plantas. Esta humedad adicional en la atmósfera, y debido al ciclo del agua ocasionará precipitaciones, desde tempestades tropicales hasta chubascos tormentosos; por otra parte, y debido esta mayor humedad en las regiones secas se generan lluvias torrenciales con el consiguiente riesgo de inundaciones.

Pero no basta con identificar los factores que fomentan el cambio climático. Es necesario conocer qué efectos tendrá en el clima local y global la acción del hombre en un lugar determinado. Para ello es necesario que los expertos sean capaces de construir modelos climáticos muy precisos.

Medidas de corrección de la contaminación atmosférica.

Vamos a considerar dos tipos de medidas:

1. Medidas preventivas.
2. Medidas correctoras.

1. Medidas preventivas.

Intentan evitar el que se llegue a tener problemas de contaminación atmosférica. Entre estas medidas podemos citar:

- Ordenación del territorio. Ej., considerar el lugar de construcción y uso de industrias que puedan ser contaminantes: polígonos industriales alejados de núcleos urbanos, tener en cuenta los vientos dominantes.
- Evaluaciones del Impacto Ambiental (EIA): prever las alteraciones que sobre el medio ambiente va a provocar la instalación (construcción y usos) de una determinada industria, y una vez analizados estos posibles impactos, corregir el proyecto inicial hasta conseguir paliar en la medida de lo posible, el máximo de contaminación.
- Tecnologías de baja y nula emisión de residuos. Se basan en un conjunto de procesos que tratan de evitar la contaminación en el origen de la misma. Ej., sería el reciclado de materiales metálicos ya usados (chatarra) en sustitución de materias primas iniciales a partir de la extracción de nuevos minerales. Con ello estamos reduciendo:
 1. El consumo de materias primas.
 2. El consumo de energía.
 3. La reducción de las emisiones contaminantes al medio ambiente.
- Normas legislativas para regular los niveles de emisión de contaminantes. Ej., gasolina sin plomo et...
- Una educación ambiental a todos los niveles y todas las edades para conseguir una toma de conciencia del problema de la contaminación por parte de todas las personas y que ellos contribuyan a disminuirla, por ejemplo, utilizando más el transporte público en vez de tantos coches que sólo están ocupados por el conductor o con dos personas.

-En cuanto al **ruido**, algunas acciones preventivas, además de otras citadas anteriormente serían:

- Insonorización de las viviendas.
- Utilización de silenciadores en vehículos, motocicletas, maquinaria de obras públicas...
- Barreras acústicas.
- Etc.

2. Medidas correctoras.

Cuando las medidas preventivas no logran su objetivo, hay que realizar acciones que corrijan la contaminación atmosférica.

En general, consideramos dos tipos de medidas:

- a) Concentración y expulsión de contaminantes con equipos adecuados de depuración.
- b) Expulsión de los contaminantes por medio de chimeneas, para evitar de este modo concentraciones elevadas a nivel del suelo o edificios.

En el segundo caso, estas medidas evitan o atenúan la contaminación local, pero la transfieren a otros lugares más alejados de las fuentes de emisión.

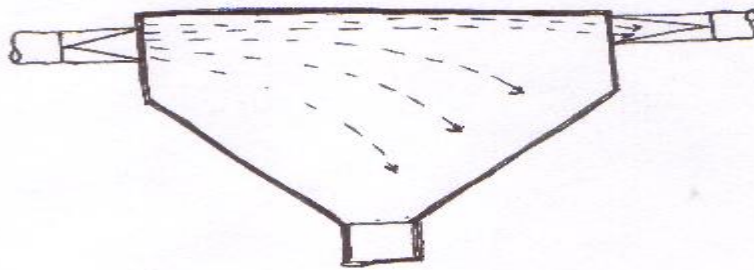
- Los equipos depuradores de la contaminación atmosférica son muy distintos según la sustancia a depurar, pero en conjunto podemos decir que su cometido es la captación, concentración y separación de las sustancias contaminantes.

Técnicas de separación de partículas.

La separación de los contaminantes sólidos de una corriente gaseosa puede realizarse con diferentes mecanismos, que pueden emplearse separada o conjuntamente. Vamos a citar:

1.- Separación gravitatoria.

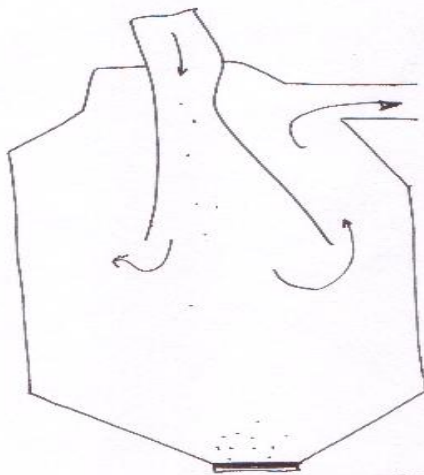
Las partículas de un tamaño superior a 50 micrómetros (un micrómetro = 10^{-6} metros) sedimentan fácilmente cuando disminuye la velocidad de la corriente gaseosa que los transporta.



SEPARADOR GRAVITATORIO

2.- Separación inercial.

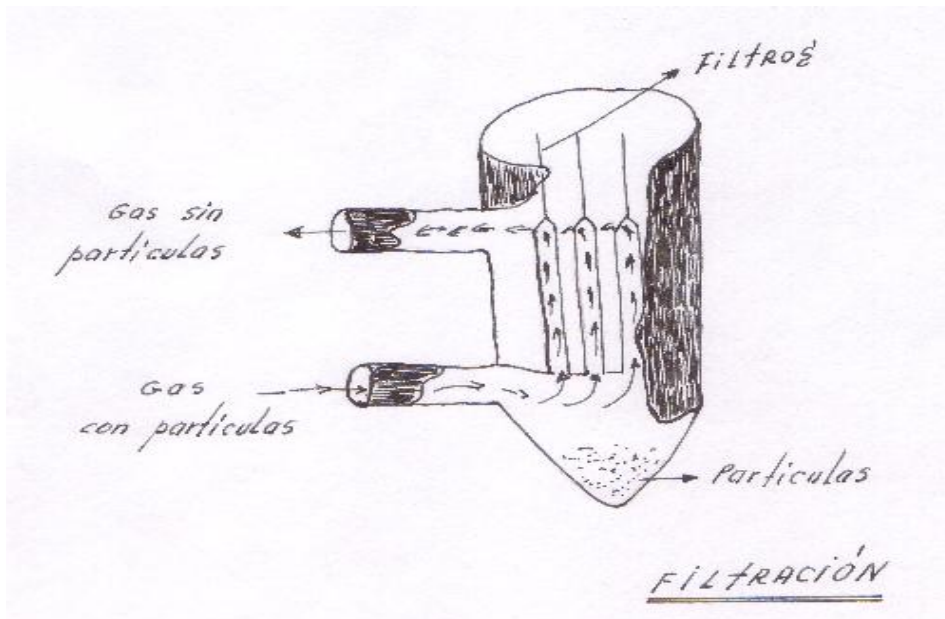
Se logra la separación de las partículas por desviación de éstas de la corriente gaseosa. Como las partículas sólidas que viajan con el gas tienden a conservar su dirección, pierden velocidad y se depositan en un recipiente adecuado para ello.



SEPARADOR INERCIAL

3.- Filtración.

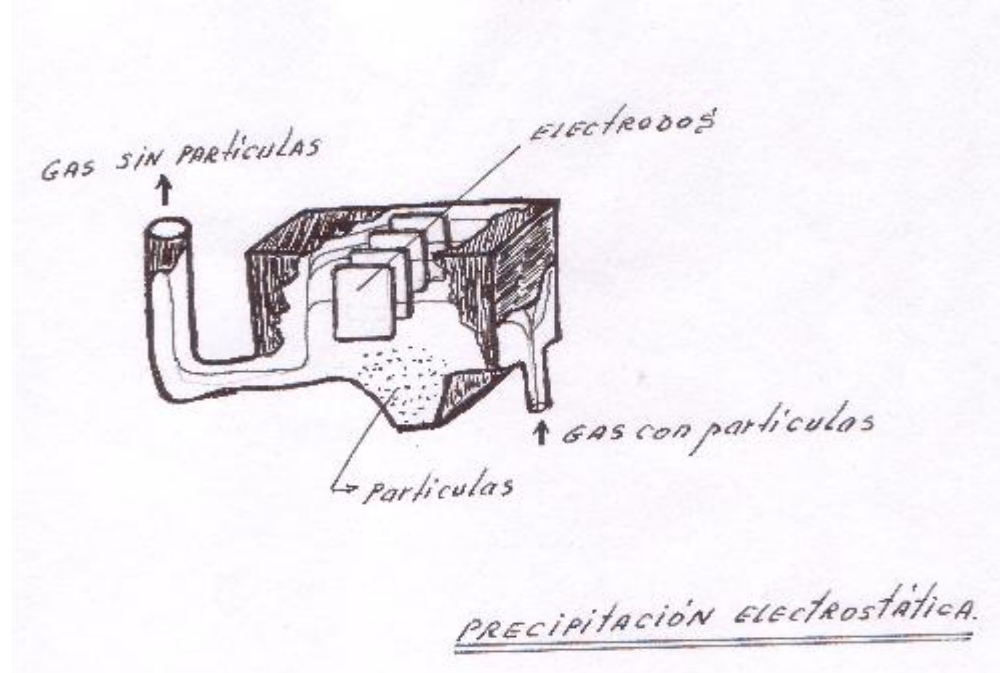
Separación mediante un “filtro”, que está constituido por tejidos de naturaleza diversa (tela, papel, etc.).



4.- Precipitación electrostática.

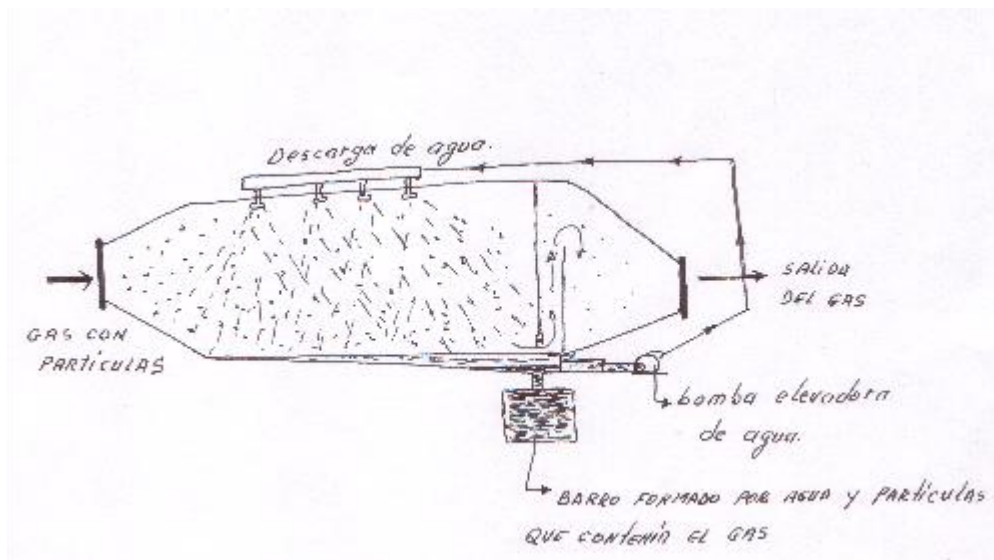
Es muy efectiva. Consiste en un recipiente metálico cerrado en cuyo interior hay dos series de electrodos: los electrodos de emisión (cátodos) y los electrodos receptores (ánodos). Entre ambos tipos de electrodos se aplica una diferencia de potencial.

Al pasar los gases cargados de partículas sólidas, los electrodos de emisión provocan la electrización de las partículas de polvo que transportan los gases. Una vez cargado, el polvo es atraído por los electrodos receptores, sobre los que se deposita y descarga. Este polvo depositado en el electrodo receptor se separa posteriormente por vibración en un recipiente adecuado.



5. Separación por lavado.

Se hace pasar el gas con partículas sólidas a través de una lluvia de líquido (generalmente agua). Esta lluvia arrastra las partículas sólidas contenidas en el gas, formándose un barro que se separa de la corriente gaseosa.



Técnicas de separación de gases.

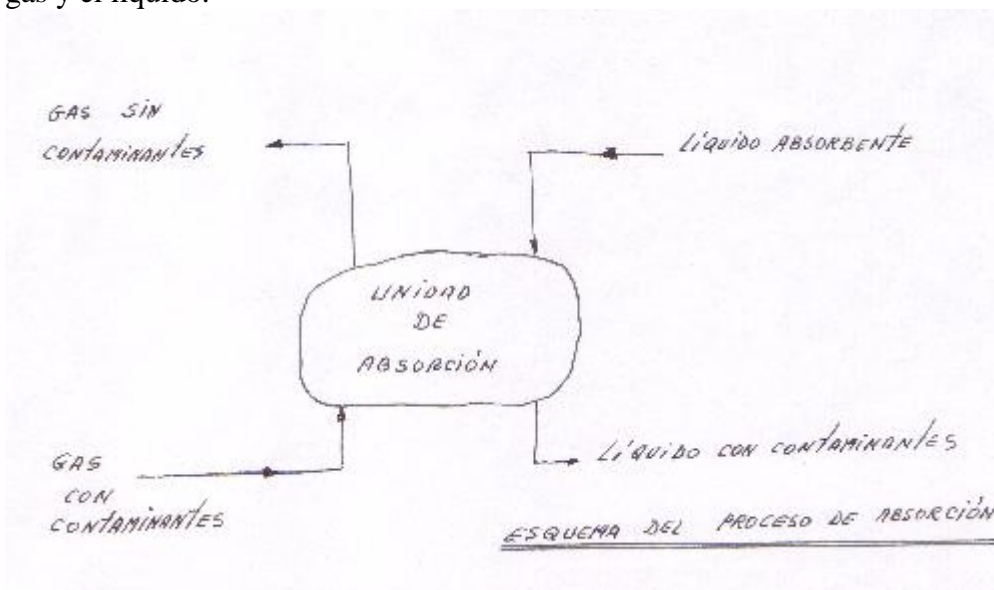
Algunas de estas técnicas son:

1. Absorción.

Cuando tenemos unos contaminantes gaseosos que se disuelven en una fase líquida, hablamos de absorción física (Ej., HCl en agua).

Cuando el contaminante además de disolverse reacciona con el componente gaseoso, hablamos de absorción química (Ej., absorción de CO_2 en una disolución de carbonato potásico, para formar bicarbonato potásico).

Los sistemas de absorción tienen forma de columna donde se enfrentan la corriente de gas y el líquido.



2. Adsorción.

Consiste en el proceso de transporte de un gas en un sólido.

Si el proceso se basa en la fuerza de atracción entre el adsorbente (superficie del sólido) y el gas que se adsorbe, hablamos de adsorción física.

Cuando se produce además una reacción química sobre la superficie adsorbente se habla de adsorción química.

3. Combustión.

Cuando los gases contienen sustancias combustibles, su eliminación puede llevarse a cabo por combustión, es decir por oxidación total de la materia orgánica.

Existen varios mecanismos, como por ejemplo, antorchas, que se utilizan en refinerías, plantas petroquímicas y en aquellas instalaciones en las que se desprenden hidrocarburos, hidrógeno, amoníaco y otros gases tóxicos.

4. Reducción catalítica.

Cuando tenemos contaminantes en un estado de máxima oxidación, como es el caso de los óxidos de nitrógeno, no pueden eliminarse lógicamente por oxidación, y lo que se hace es conseguir su reducción, en la mayoría de los casos mediante un catalizador.

Un ejemplo sería su utilización en fábricas de ácido nítrico, en donde se originan óxidos de nitrógeno; para eliminarlos se añade una sustancia reductora como es el caso del gas natural: metano e hidrógeno, que se hace pasar por un reactor con un catalizador (suele ser de platino, paladio o algún metal noble). En la reacción, de los óxidos de nitrógeno se origina nitrógeno molecular.

5. Conversión catalítica.

Se utiliza para tratar gases contaminantes que contienen diversos grados de oxidación; en este caso se utiliza a la vez la oxidación y la reducción catalítica en un proceso denominado “conversión catalítica”.

5. LA HIDROSFERA. Concepto. Distribución del agua en la Tierra. El ciclo del agua. Balance hídrico general.

Concepto de Hidrosfera:

- Es el conjunto de las aguas de la Tierra.
- Incluye por tanto a:
 - Mares y océanos.
 - Depósitos de hielo (glaciares)
 - Aguas subterráneas.
 - Lagos y ríos.
 - Agua de la Atmósfera.
 - Agua de los seres vivos (Biosfera)

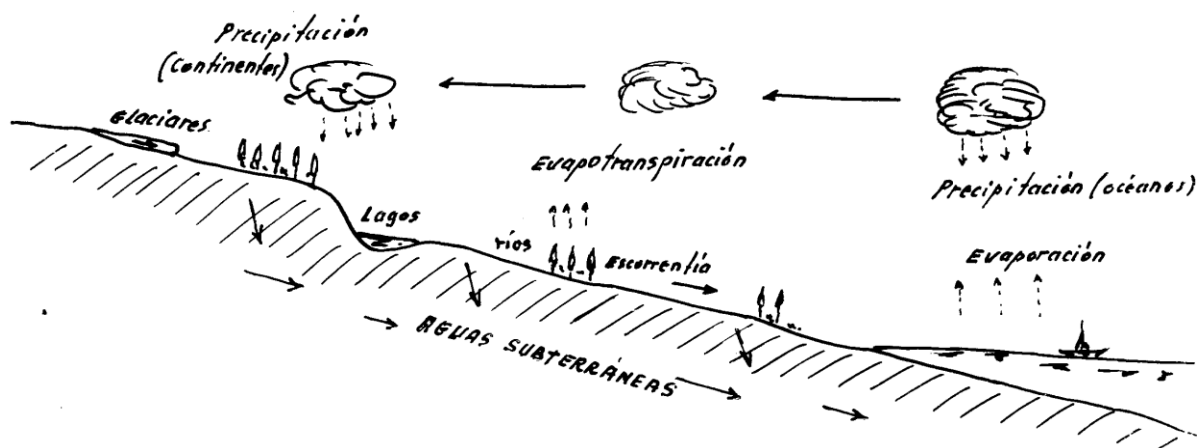
Distribución del agua	% sobre el total
- Mares y océanos.	97,4
- Depósitos de hielo.	2,02
- Aguas subterráneas.	0,57
- Lagos y ríos.	0,01
- Atmósfera.	0,001
- Biosfera.	0,0004
- Total del agua	100

- Cabe destacar el importante volumen de agua retenida en forma de hielo en los continentes (teniendo en cuenta que estamos en un período interglaciar)
- También hay que destacar que el volumen de aguas subterráneas es muy superior al de lagos y ríos.
- La cantidad de agua de la hidrosfera se puede considerar constante.
- Existen en la alta atmósfera reacciones de **fotodisociación**, provocadas por la radiación solar, que destruyen el vapor de agua.
- Hay agua que entra en la tierra: en **meteoritos**.
- En ambos casos (fotodisociación y meteoritos) se trata de cantidades **insignificantes**.

EL CICLO DEL AGUA

- El agua no permanece estática sobre la tierra, sino que existe un movimiento continuo de una zona a otra, originándose lo que se denomina **ciclo del agua o ciclo hidrológico**.
- El agua de los continentes y océanos se evapora pasando a la atmósfera como vapor de agua (**evaporación**), volviendo luego a ellos mediante las precipitaciones líquidas o sólidas (**precipitación**).

- El Sol es el generador de la **energía** necesaria para el ciclo del agua; al evaporarse el agua, se acumula una enorme cantidad de energía liberándose después, en gran parte, al condensarse el vapor de agua.



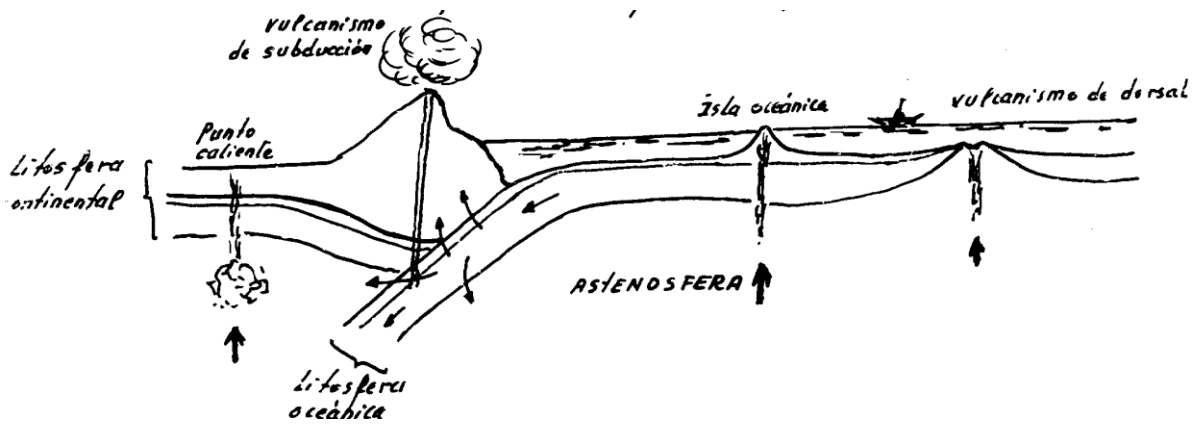
- Entendemos por **escorrentía**, a las aguas que, como resultado de la precipitación **discurren** por la superficie: aguas salvajes, arroyos, ríos, etc.

Otra parte del agua procedente de las precipitaciones se infiltra en el terreno (**infiltración**), pasando a formar parte de las aguas subterráneas.

Parte del agua infiltrada es tomada por las plantas que la devuelven a la atmósfera a través de los estomas de las hojas mediante la **transpiración** (también puede ser llamada **evapotranspiración**).

- Hemos descrito lo que clásicamente se conoce como ciclo del agua. Pero matizando un poco más, podríamos considerar además un **ciclo interno del agua** (o parte interna del ciclo del agua)

- La parte interna del ciclo tiene lugar en el interior de la tierra, y es poco conocida; básicamente funciona de la siguiente manera: el agua sale del manto mediante vulcanismo en las dorsales oceánicas y otros volcanes; parte se incorpora a la corteza oceánica y vuelve a introducirse en las zonas de subducción, parte es expulsada de nuevo por el vulcanismo asociado a la subducción y otra parte vuelve al manto. La cantidad reintroducida en el manto compensa a la que sale por las dorsales.



- Habrá una cantidad de vapor de agua originado en los procesos volcánicos que se incorporará al ciclo externo del agua (lo que conocemos como ciclo del agua). No obstante, las cantidades incorporadas son despreciables frente al volumen total de agua.

Balance hídrico general.

a. Balance hidrológico de los mares y océanos.

- La cantidad de agua presente en los océanos se ve anualmente incrementada por los aportes de los ríos y de las aguas de precipitación. Asimismo, hay también cada año una disminución debida a la evaporación.
- El balance hídrico del mar es la diferencia entre las ganancias o entradas de agua y las salidas o pérdidas de volumen.
- Cuando la cantidad de agua evaporada supera la que aportan las lluvias y los ríos, el balance resulta negativo; este es el caso del mar Mediterráneo: el hecho de que se pierda más agua de la que entra al mar explica que se trate de una cuenca de concentración salina, y que el agua atlántica que penetra por superficie con una salinidad de cerca del 36 ‰ se convierte en agua mediterránea profunda que sale siendo más salina: un 38,5 ‰.
- El caso contrario ocurre con el Mar Negro: la cantidad de agua evaporada es menor que la cantidad aportada por precipitación y por los ríos. Por ser un balance positivo, las aguas son menos salinas que las del Mediterráneo.
- Puesto que ambos mares están en contacto, existe agua profunda mediterránea que al convertirse en agua del mar Negro, disminuye su salinidad hasta cerca de un 22,3 ‰ (La masa superficial de agua del mar Negro tiene una salinidad que responde a los aportes de agua continental (del orden de un 18,2 ‰))

b. Balance hídrico de una cuenca hidrográfica:

- Cuenca hidrográfica (de un río o un lago): Es el sector geográfico que recoge sus aguas.

- Balance Hídrico: $P = ETR + ES + CS$

P = Precipitaciones

ETR = Evapotranspiración real

ES = Escorrentía superficial

CS = Corrientes subterráneas

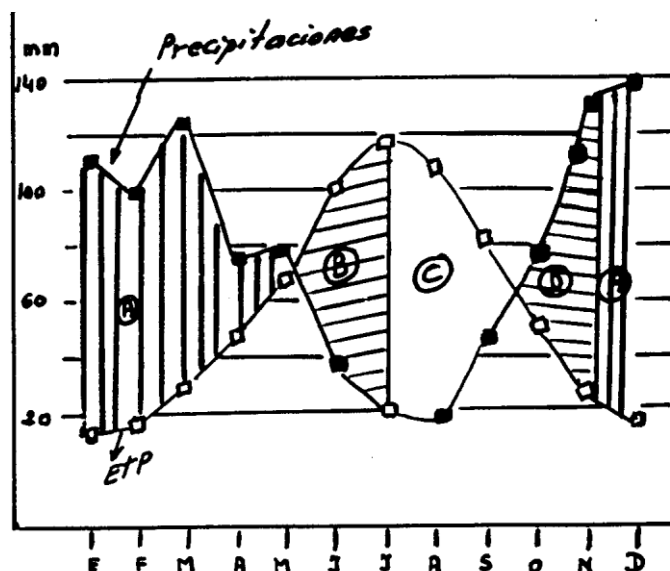
- Evapotranspiración: Pérdida de agua por evaporación del suelo y transpiración de las plantas.

- Hay que distinguir la evapotranspiración potencial (ETP) de la evapotranspiración real (ETR)

- ETP: Es el agua devuelta a la atmósfera, en estado de vapor, por un suelo que tenga la superficie completamente cubierta de vegetación y en el supuesto de no existir limitación de agua.

- ETR: Es la que realmente se produce. Es menor o igual que la ETP.

Diagramas de Balance Hídrico:



- Se representa la ETP, junto con las precipitaciones, en forma de diagrama.

- Estos diagramas dan una información muy valiosa sobre las necesidades de agua de una zona.

Ejemplo:

Zona A: Período en que las precipitaciones son superiores a la ETP.

- Período de superávit de agua. El exceso de agua pasa a las reservas de agua subterráneas o a los cursos de aguas superficiales.

Zona B: Indica un período en el que se está utilizando agua del suelo.

- La ETP es mayor que las precipitaciones por lo que se evapora agua del suelo.

Zona C: Período en el que hay déficit de agua. La ETP sigue siendo mayor que las precipitaciones y una vez agotada la reserva de agua del suelo existe un déficit de agua, es decir, en este período la ETP es mayor que la ETR.

Zona D: Período en que se está completando las reservas de agua del suelo. Las precipitaciones vuelven a ser mayores que la ETP.

- El cálculo de los períodos de déficit de agua (estación árida) se puede utilizar para saber las necesidades de riego, el tipo de cultivos, etc. Ej., en estudios de ordenación del territorio.
- El superávit de agua es un dato a tener en cuenta a la hora de conocer los recursos de agua.
- Las zonas con déficit de agua durante todo el año o una parte importante del mismo se denominan **Zonas áridas** (Ej. , en algunas zonas de Almería).

6. RECURSOS HÍDRICOS Y GESTIÓN DEL AGUA. Las aguas superficiales: embalses y trasvases. Plantas desaladoras. Energía hidroeléctrica y mareal. Las aguas subterráneas. Usos y consumo del agua.

Las aguas superficiales:

- Vamos a distinguir:
 - a) Los sistemas fluviales.
 - b) Lagos / embalses.

a) Los sistemas fluviales:

- Nacen en zonas donde el agua subterránea pasa al exterior o donde las aguas salvajes procedentes de la lluvia se encauzan en un sólo cauce, o bien donde un glaciar se funde.
- La mayor parte de los ríos vierten sus aguas en otros ríos que a su vez van a parar al mar, aunque algunos desembocan en lagos.

Se entiende por **cuenca hidrográfica** o **cuenca de drenaje** el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas (La divisoria de aguas es una línea que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos). El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas.

- El conjunto de cauces, con caudal permanente o no, que circulan en una región constituye la **red hidrográfica**.

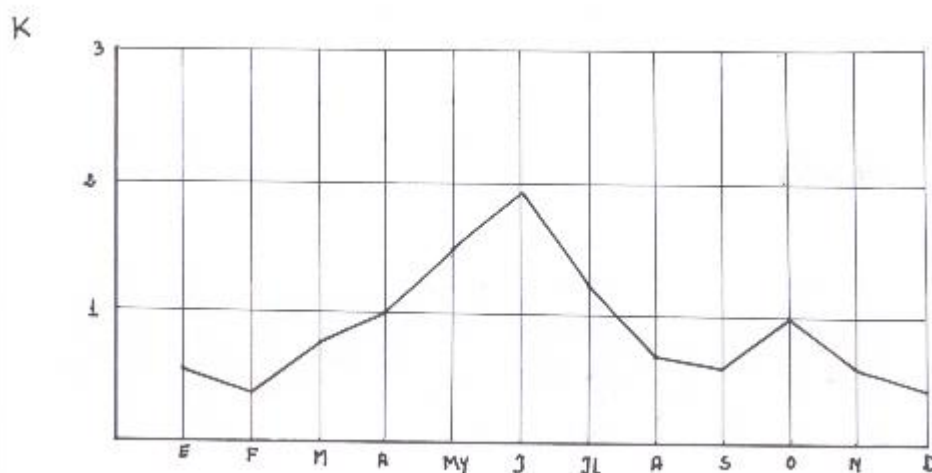
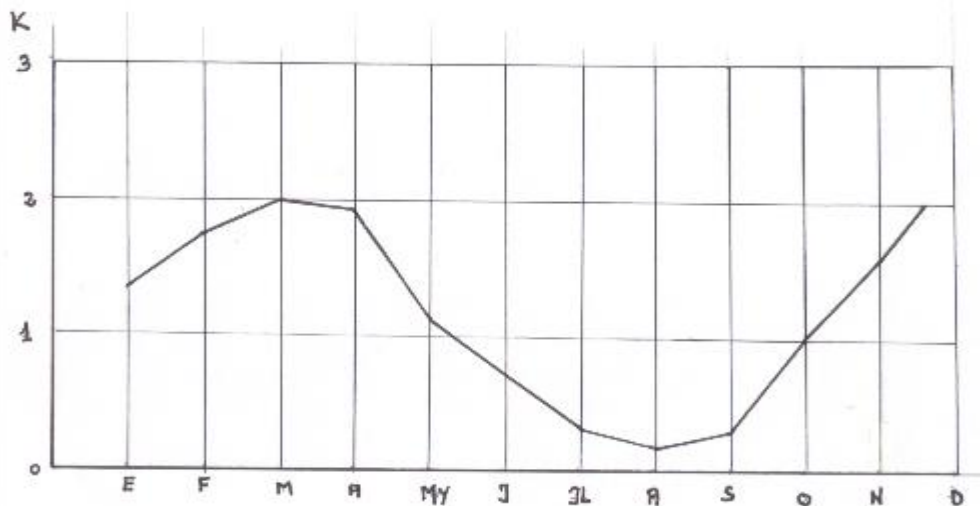
Desde que comienza a fluir, el agua del río disuelve a los materiales solubles de su cauce, de forma que, desde un punto de vista químico, un río se convierte en una solución muy diluida de los minerales más comunes de las rocas (carbonatos, cloruros y sulfatos de: calcio, magnesio y sodio) y de algunos muy poco solubles pero muy abundantes (silicatos)

- La distribución del caudal en el tiempo se llama **hidrograma**.

- En las zonas templadas lo normal es que haya un caudal máximo en el año, en primavera.

- El **coeficiente de caudal mensual (K)** es la relación entre el caudal medio mensual y el caudal medio anual: si el río no sufriera variaciones sería 1; cuando su valor es superior a la unidad, se habla de "aguas altas", y "aguas bajas" cuando su valor es menor de la unidad.

Gráficamente se puede expresar el régimen de un río expresando en abcisas los meses del año y en ordenadas el coeficiente de caudal K.



b) Los lagos / embalses:

- Acumulaciones semipermanentes de agua dulce (en ocasiones salada), que ocupan depresiones de la superficie continental.

Se denomina **embalse** a la acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce. La obstrucción del cauce puede ocurrir por causas naturales como, por ejemplo, el derrumbe de una ladera en un tramo estrecho del río o arroyo, la acumulación de placas de hielo o las construcciones hechas por los castores, y por obras construidas por el hombre para tal fin, como son las presas.

- La **sedimentación** procede de ríos y arroyadas y termina por colmarlos.

- El agua **procede** de: ríos, deshielo, aguas subterráneas que afloran. Generalmente tienen un desagüe (superficial o subterráneo), de modo que el agua se va renovando.

Los **trasvases de cuenca** son obras hidráulicas cuya finalidad es la de incrementar la disponibilidad de agua en una cuenca vecina deficitaria.

En España existen varios trasvases, entre los que se encuentran los del Tajo-Segura y el del Júcar-Vinalopó.

Los trasvases entre cuencas son muy controvertidos. Por un lado se toma agua de una cuenca donde sobra y se manda a otra donde falta. Pero necesitan de obras importantes que pueden causar graves impactos medioambientales, pueden crear desequilibrios ecológicos en la cuenca dadora y hay que estudiar para que se va a utilizar el agua en la cuenca receptora.

Gestión del agua:

- La gestión o administración del agua comprende una serie de procesos, que en resumen podemos poner como:

- Almacenamiento del agua.
- Suministro a donde se precise.
- Asegurar la calidad necesaria.

- También hay que controlar las demandas:

- Para que no sean excesivas en unos sectores y deficitarias en otros.
- Para establecer medidas de ahorro, reciclaje y utilización eficiente del agua.
- Para controlar la contaminación.

- Para la gestión del agua se ponen en marcha medidas:

A) De carácter general:

- Reducción del consumo en diversos sectores.
- Campañas educativas.

- B) Medidas de carácter técnico:
 - Construcción de presa
 - Canalizaciones.
 - Trasvases.
 - Pozos.
 - Etc.

- C) Medidas de carácter político:
 - Legislación.
 - Conferencias mundiales o comunitarias.
 - Acuerdos institucionales.

- La **Ley de aguas** actual data de 1985, y los Reglamentos que la desarrollan consideran como **objetivos** de la planificación hidrológica los siguientes:
 - Asegurar el abastecimiento urbano e industrial y consolidar los regadíos existentes.
 - Garantizar la calidad del agua.
 - Proteger al territorio frente a inundaciones.
 - Conservar los acuíferos existentes.
 - Conservar los recursos ambientales dependientes del agua.
 - Modernización de los regadíos existentes.
 - Mantenimiento y conservación de las infraestructuras hidráulicas.

Para el desarrollo del proceso de planificación la Ley establece el Plan Hidrológico Nacional (PHN) y los Planes Hidrológicos de cuenca (PHC); estos últimos corresponden a una Comunidad Autónoma (intracomunitarios) o a más de una (intercomunitarios), según que la cuenca hidrológica esté incluida o no íntegramente en una Comunidad Autónoma.

La Ley tiene en cuenta los mecanismos de participación y de consulta que garanticen la adecuada representación de todos los intereses afectados así como la participación activa de éstos a lo largo del proceso de planificación

Para su desarrollo, y dentro de los Planes Hidrológicos de cuenca, se crea el **Consejo del Agua** de la cuenca hidrográfica. En dicho Consejo están representados todos los sectores implicados (municipios, usuarios, organizaciones ecologistas, Administración Central y Autonómica etc.).

Asimismo se crea, como órgano consultivo superior, el **consejo Nacional del Agua**, en el que junto con la administración del estado y las Comunidades Autónomas están representados los organismos de las Cuencas hidrográficas y las organizaciones profesionales, económicas y sociales de más relieve en el ámbito nacional, relacionados con los distintos usos del agua.

El **Plan Hidrológico Nacional** realiza unas estimaciones de las demandas hídricas futuras, garantizando su cumplimiento, tanto en calidad como en cantidad.

Para hacer frente a estas demandas será necesario disponer de los recursos hídricos oportunos. A estos efectos se distingue entre:

- Recursos convencionales: utilización de aguas superficiales y subterráneas.

- Recursos no convencionales: ahorro de agua, reutilización directa de aguas residuales y desalación.

Con respecto la **corrección de desequilibrios entre cuencas**, el Plan Hidrológico Nacional contempla la creación de un Sistema Integrado de Equilibrio Hidráulico Nacional (SIEHNA) que estará constituido por las obras e instalaciones que posibilitan las transferencias y la interconexión de recursos entre cuencas.

El Plan Hidrológico Nacional fue redactado ya para su aprobación por las Cortes Españolas en el mandato de gobierno finalizado en 2004. Con la entrada de un nuevo gobierno, se pretende modificar la redacción del anterior Plan Hidrológico Nacional, de acuerdo con los planteamientos políticos de este nuevo gobierno iniciado en 2004; entre otras cosas a reformar, se pretende no realizar el trasvase de aguas excedentarias del Ebro a la región de Valencia, Murcia y Almería, considerando que este trasvase plantearía problemas entre las Comunidades Autónomas afectadas (Aragón y Cataluña) y las beneficiadas (Valencia, Murcia y Andalucía), y que además crearía muchos impactos ambientales. Para solucionar la falta de agua de estas últimas Comunidades, se plantean en el gobierno entrado en 2004 otras medidas, como son por ejemplo, la creación de nuevas desaladoras de agua del mar y una mayor captación y aprovechamiento de las aguas subterráneas.

Canalización y embalses.

El agua se puede regular mediante una serie de obras hidráulicas, con objetos de satisfacer las demandas necesarias y controlar su uso.

Realización de obras hidráulicas:

Embalses.

- Para la creación de un lago o embalse, es necesaria una estructura que retenga el agua, es decir, una **presa**.
- Es un método muy antiguo, ya utilizado en el antiguo Egipto, desde hace 4.000 años, conservándose desde hace 3.000.
- Se conservan algunas de tiempos de los romanos (Ej. en Mérida).
- La finalidad de las presas es, pues:
 - Regular las aguas de los ríos.
 - Controlar las crecidas.
 - Abastecimiento de agua a poblaciones.
 - Abastecimiento a la industria y agricultura.
 - Producción de energía hidroeléctrica
 - Uso para el ocio y el tiempo libre (actividades náuticas, pesca...).
- La construcción de grandes embalses altera el territorio de modo irreversible.
- Sumerge bosques y tierras cultivables y desplazan a los habitantes de las tierras anegadas.
- Dificulta o impide la migración de los peces (anguila, salmón..)
- Dificulta o impide y el transporte de elementos nutritivos aguas abajo.
- Modifica el nivel de las aguas subterráneas.

Canales y trasvases.

- Las conducciones desde su lugar de almacenamiento hasta su lugar de uso son tan antiguas como las presas. Ej., los acueductos romanos de Segovia, Mérida, Almuñecar...

- Algunos trasvases importantes en España son:

-Trasvase Tajo-Segura

- Canal de Castilla

- Canal de de Isabel II

- El Plan Hidrológico Nacional (PHN) tenía previsto la construcción de otros grandes trasvases, sobre todo desde las regiones del Norte hacia el Sudeste peninsular, con el objetivo de llevar agua desde las cuencas excedentes hasta las deficitarias.

Como hemos dicho antes, esto está en suspenso, al menos durante la década 2004-2008.

-La polémica puede surgir no solamente si se quiere o no conducir el agua de una región a otra, sino sobre todo por los volúmenes que se pretenda trasvasar, además de los impactos que las distintas obras ocasionarían.

-En cuanto a los impactos ambientales que los canales y trasvases ocasionan podemos decir que con las conexiones de las cuencas de los ríos se altera de forma permanente el caudal del río donante, así como que el paso del agua por zonas que antes estaban al aire produce alteraciones ecológicas.

-El balance hídrico (que relaciona los recursos hídricos existentes con el consumo que se hace de ellos) en el caso de nuestro país es positivo, aunque se presenta el gran problema de la existencia de cuencas hidrográficas excedentarias (caso del Duero, Tajo, Ebro y cuencas del Norte), otra mas o menos con su balance hídrico equilibrado (caso de la cuenca del Guadalquivir, Guadiana y Pirineo oriental), y el resto son deficitarias en agua.

-En 1996 había en España 1.102 presas (actualmente el número será mayor), siendo nuestro país uno de los que más territorio inundado tiene a causa de embalses

Las presas, y por tanto los embalses, son de propiedad privada algunos, y otros de propiedad pública. Los embalses privados tienen como cometido fundamental la producción de energía eléctrica, mientras que los de propiedad pública tienen como misión fundamental abastecer de agua a los núcleos urbanos, a la industria y a la agricultura. En 1996 los embalses públicos constituían un 56 % de los existentes.

En Granada, hay un cierto número de embalses. Algunos de ellos son: Cubillas, Canales, Quéntar, Bermejales, Béznar, Francisco Abellán, Rules, Negratín...

La demanda de aguas cada vez mayor y la irregular distribución hídrica en nuestro país ha hecho que se trasvasen aguas de unas cuencas excedentarias a otra deficitarias.

El número de trasvases en la España peninsular es por ahora de 38: Algunos de ellos son:

- Trasvase Turia- Júcar. Abastece de agua a núcleos urbanos del área de Valencia, además de ampliar su área de regadío.

- Trasvase Tajo- Segura, con 286 Km. de longitud. Este trasvase fue de construcción difícil debido a la gran longitud y a las diferentes orografías que atraviesa, teniéndose que construir canales, acueductos y túneles para la conducción del agua. Las expectativas de los agricultores de la cuenca del Segura quedaron un tanto malogradas, pues se proyectó trasvasar 1.000 Hm³/año y regar 269.000 Ha, mientras que la realidad fue que se trasvasan 269 Hm³ /año y se riega unas 135.000 Ha.

-En otras cuencas hidrográficas, como la del Ebro, hay también trasvases, como es el del Ebro- Tarragona y otros.

Una solución a la necesidad de agua potable es la desalinización.

La **desalinización** o **desalación** es el proceso de eliminar la sal del agua de mar o salobre, obteniendo agua dulce.

Las **plantas desalinizadoras** o **desaladoras** son instalaciones industriales destinadas a la desalinización.

La denominación más correcta para el proceso es *desalinización*, puesto que *desalación* se define más genéricamente como el proceso de quitar la sal a algo, no sólo al agua salada.

El agua del mar es un ejemplo de mezcla homogénea. Es salada porque tiene sales minerales disueltas que precipitan cuando el agua se evapora. Debido a la presencia de estas sales minerales, el agua del mar no es potable para el ser humano y su ingestión en grandes cantidades puede llegar a provocar la muerte. El 97,5% del agua que existe en nuestro planeta es salada y sólo una cantidad inferior al 1% es apta para el consumo humano. Conseguir potabilizar el agua del mar es una de las posibles soluciones a la escasez de agua potable. Mediante la desalinización del agua del mar se obtiene agua dulce apta para el abastecimiento y el regadío. Las plantas desalinizadoras de agua de mar han producido agua potable desde hace muchos años, pero el proceso era muy costoso y hasta hace relativamente poco sólo se han utilizado en condiciones extremas. Actualmente existe una producción de más de 24 millones de metros cúbicos diarios de agua desalada en todo el mundo, lo que supone el abastecimiento de más de 100 millones de personas. La primera planta desalinizadora en España se ubicó en Lanzarote en 1965 y actualmente existen más de 700 en todo el país. Las plantas desalinizadoras también presentan inconvenientes. En el proceso de extracción de la sal se producen residuos salinos y sustancias contaminantes que pueden perjudicar a la flora y la fauna. Además, suponen un gasto elevado de consumo eléctrico. Con el fin de evitarlo, actualmente se están realizando estudios para construir plantas desalinizadoras más competitivas, menos contaminantes y que utilicen fuentes de energía renovables.

Desalación del agua del mar y de las aguas continentales salobres.

Para quitar las sales que llevan las aguas marinas y salobres hay varios procedimientos de los que vamos a citar:

a). Procedimientos térmicos.

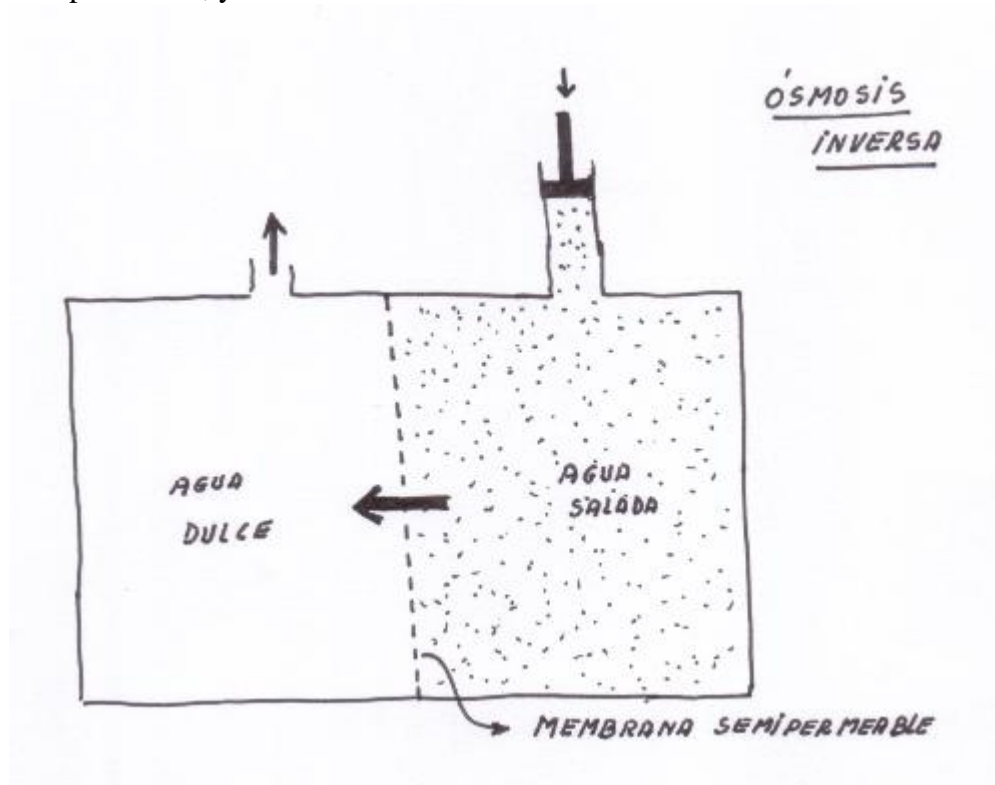
Consiste en la evaporación del agua y posteriormente provocar su condensación, con lo cual obtenemos un agua dulce libre de sales.

b). Ósmosis inversa.

Mecanismo mediante el cual aplicamos una presión externa a una solución concentrada en sales separada por una membrana semipermeable de otra solución de agua dulce.

En un proceso de ósmosis directa, la solución diluida pierde agua y para intentar equilibrar las concentraciones a ambos lados de la membrana semipermeable (que es aquella que permite el paso de agua pero no de las sustancias que lleve

disueltas). Sin embargo, en la ósmosis inversa la presión que se aplica es superior a la presión osmótica, por lo que el agua tiende a pasar al otro lado de la membrana semipermeable, y libre de sales.



Recursos energéticos. Energía hidroeléctrica y mareal.

Energía hidroeléctrica.

La energía hidráulica es la que poseen las aguas que se mueven por la superficie terrestre, es decir, la de los torrentes y ríos.

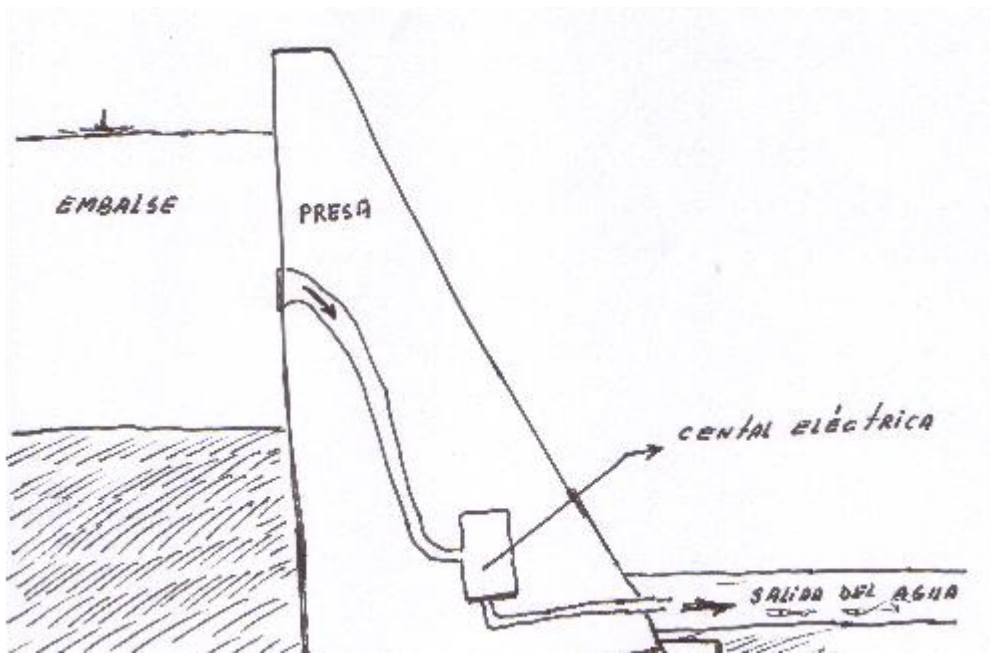
Desde muy antiguo el ser humano ha aprovechado para diferentes usos la energía hidráulica, como es el caso de los molinos de agua utilizados para moler trigo y otros cereales, o bien para elevar agua.

Sin embargo, hoy en día la energía hidráulica se utiliza fundamentalmente para obtener energía eléctrica, y es por esto por lo que hablamos de energía hidroeléctrica.

En esencia, la energía hidroeléctrica se genera a partir de la energía potencial del agua (agua que se desplaza desde un punto más alto a otro más bajo), que hace mover una turbina asociada a un generador de corriente eléctrica.

La cantidad de agua que pasa por las turbinas de la central hidroeléctrica se suele regular de acuerdo con las necesidades de los lugares a donde va destinada, y para ello se hace una regulación artificial del caudal del río, regulación que se hace mediante **embalses** de agua o bien mediante desviaciones de todo o parte del agua del río, para luego dejarla caer hasta la central hidroeléctrica (**minicentral** en este segundo caso).

Las centrales hidroeléctricas de gran tamaño, asociadas a embalses retenidos con presas, presentan una serie de ventajas e inconvenientes:

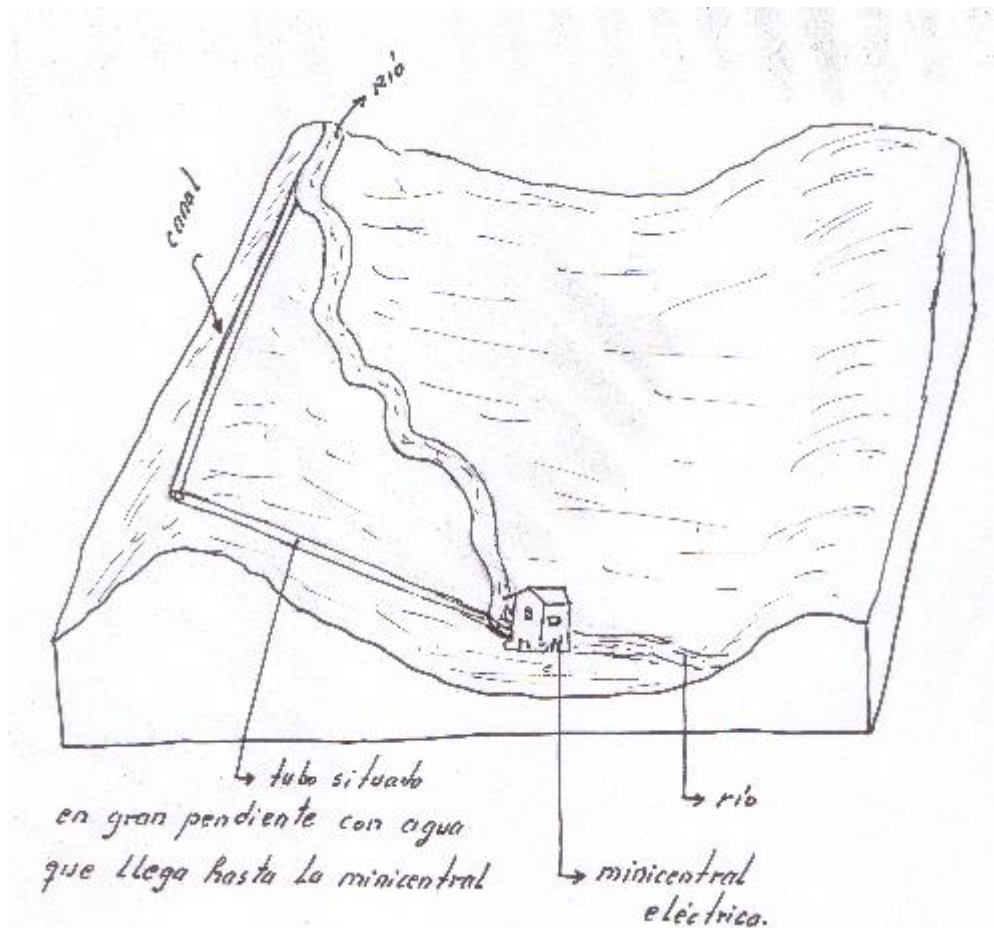


Ventajas:

- Estas centrales son de producción grande, y la energía producida es de bajo coste.
- No emite contaminación a las aguas ni a la atmósfera.
- Con los embalses se regula el cauce de los ríos, con la ventaja de controlar el agua para diferentes usos independientemente de los aportes de agua por precipitaciones al río, además de reducir el riesgo de crecidas e inundaciones.

Desventajas o inconvenientes:

- Con los embalses se destruyen los ecosistemas terrestres, al quedar inundados por las aguas.
- Hay una modificación del nivel freático o piezométrico, al quedar retenida el agua por encima de la presa y reducirse el caudal por debajo.
- Se impide la emigración de los peces aguas arriba debido a la presa, con lo que se reduce el intercambio genético de los individuos acuáticos de las distintas especies.
- Con el tiempo, el embalse se va llenando de sedimentos retenidos por la presa.
- La construcción de un embalse supone la inundación de terrenos de labor e incluso de pueblos en una determinada zona, con el consiguiente problema humano de tener que buscar otra forma de vida y otro lugar para vivir, problema más acentuado en las personas mayores que han vivido siempre en su pueblo y que tienen todos sus recuerdos allí.
- Las presas de los embalses suponen un riesgo debido a las catástrofes por rotura de presas que a veces han ocurrido, como por ejemplo la rotura de la presa de Tous (Valencia), o la de Ribadelago (Zamora) en la década de los años 50-60 del siglo pasado.



- Otra forma de obtener energía hidroeléctrica es mediante las minicentrales, las cuales también presentan sus ventajas e inconvenientes:

- Ventajas:

- No hay que realizar embalses de agua, con lo que no presentan los inconvenientes que antes hemos aludido.
- La construcción de estas centrales es barata.
- Son de tecnología sencilla.
- No dan lugar ni a contaminación atmosférica ni de las aguas.

- Desventajas o inconvenientes:

- Producen mucha menos energía que en el caso anterior.
- El caudal de los ríos ha de ser relativamente constante, pues al no haber embalses, no se puede regular el agua que pasa a la central, problema grave en el caso de ríos que pasen por períodos muy secos.

- En resumen, podemos decir que las minicentrales es una buena solución para abastecer de electricidad a pequeños núcleos urbanos. Ejemplos de minicentrales en nuestra provincia, podemos citar las centrales sobre el río Monachil en el paraje de Los Cahorros (Monachil), o la central de Dílar sobre el río del mismo nombre en el término municipal de Dílar.

Energía mareal

- Los movimientos del mar debidos a la acción de las mareas suponen una energía que es posible aprovechar para el funcionamiento de una central eléctrica.
- Estos movimientos son de pleamar o marea alta, en donde el nivel del mar sube, y el de bajamar en donde el nivel del mar baja.
- Para aprovechar esta energía mareal se necesita una zona del mar lo bastante cerrada, como una bahía o un estuario que se pueda aislar del resto del mar mediante una presa o dique. Cuando la marea sube, el embalse sube de nivel, y posteriormente en bajamar se abren las compuertas de esta embalse y sale el agua; debido a la diferencia de altura hay una energía potencial que mueve unas turbinas, impulsando un generador eléctrico y produciéndose así corriente eléctrica.
- El aprovechamiento de la energía mareal no se puede realizar en cualquier tipo de costa, sino que se tienen que dar unas condiciones determinadas:
 1. Que exista un estuario o bahía en donde se pueda almacenar el agua y poder instalar un dique y la central eléctrica.
 2. Que el nivel de mareas entre pleamar y bajamar sea lo suficientemente alto para que la energía potencial al soltar el agua haga rentable la central eléctrica. Para ello la diferencia entre marea alta y marea baja debe ser de al menos de 5 metros.
- La energía mareal no está muy desarrollada, debido a estos condicionamientos aludidos anteriormente.
- Un ejemplo de central eléctrica mareal es la que se encuentra en la de Rance (Francia).

Las aguas subterráneas.

- Las aguas en los continentales son el 2,5% de todo el agua del planeta. La mayoría de esa agua está en forma de hielo (casquetes polares), pero le sigue en abundancia las

Aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran en el subsuelo y pueden tener varios orígenes, procediendo principalmente de la **infiltración**. La **infiltración** depende de los siguientes factores:

- a) Tipo de precipitaciones.
- b) Evaporación.
- c) Tipo de roca que aflora en superficie:
 - Permeable. Ej., arena
 - Impermeable. Ej., arcilla
- d) Vegetación.
- e) Topografía.

Acuífero: Es toda formación geológica (roca) que almacena y permite la circulación de agua a su través. La formación de un acuífero requiere por tanto la existencia de un terreno permeable donde circule y se almacene el agua, como gravas de río, areniscas porosas, arenas de playa o de dunas, calizas agrietadas, rocas fracturadas, etc.

En un acuífero, la superficie por debajo de la cual la roca está llena de agua se denomina **nivel freático**. Es por tanto el plano que limita el acuífero en su parte superior.

- Para la **prospección** de aguas subterráneas **necesitamos:**

- Localizar los acuíferos existentes.
- Deducir su comportamiento hidráulico.

Tipos de acuíferos:

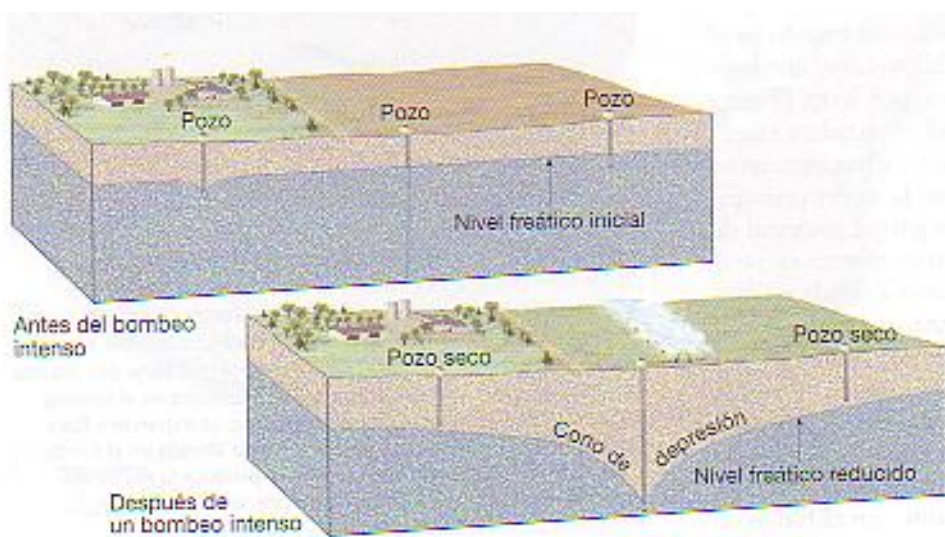
a) Acuíferos libres o freáticos:

- El agua ocupa los poros de la roca hasta un nivel (nivel **piezométrico o freático**).

- En ellos hay dos partes:

- Zona de **aireación**: comunica con el exterior.
- Zona de **saturación**: llena de agua en sus poros o fisuras.

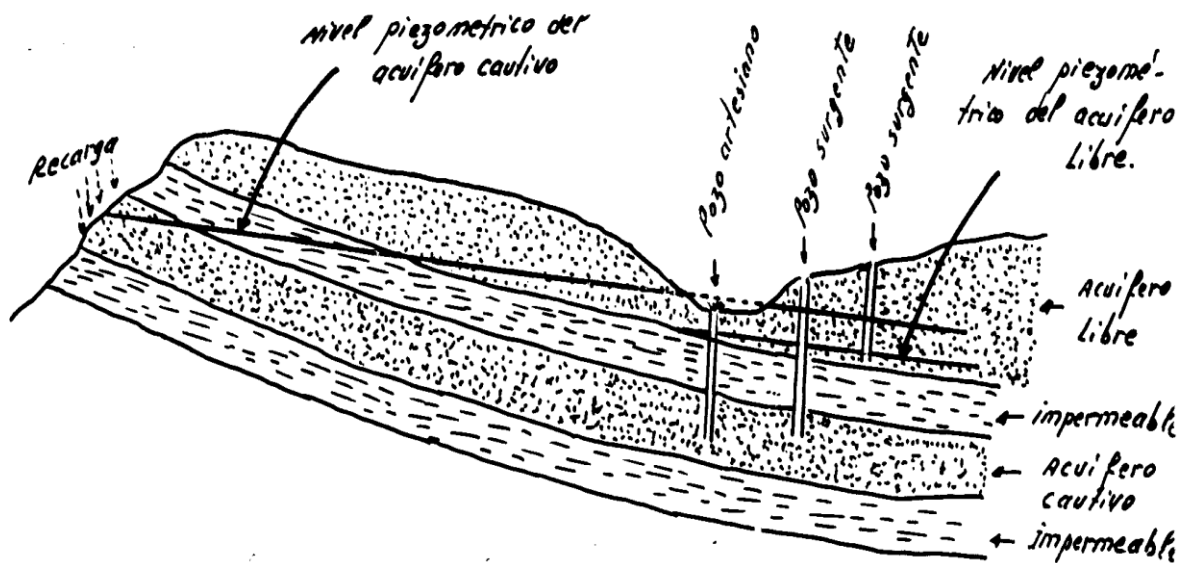
Cuando se efectúa un sondeo en un acuífero con agua, la afluencia de ésta al pozo está directamente relacionada con la permeabilidad de la roca. Al extraer el agua, el nivel freático descenderá, y en el caso de que la extracción sea igual a la afluencia, este nuevo nivel tenderá a estabilizarse, adoptando la forma de un cono invertido que se conoce con el nombre de **cono de depresión** (aunque en algunos libros también se le denomina “conoide de depresión”).



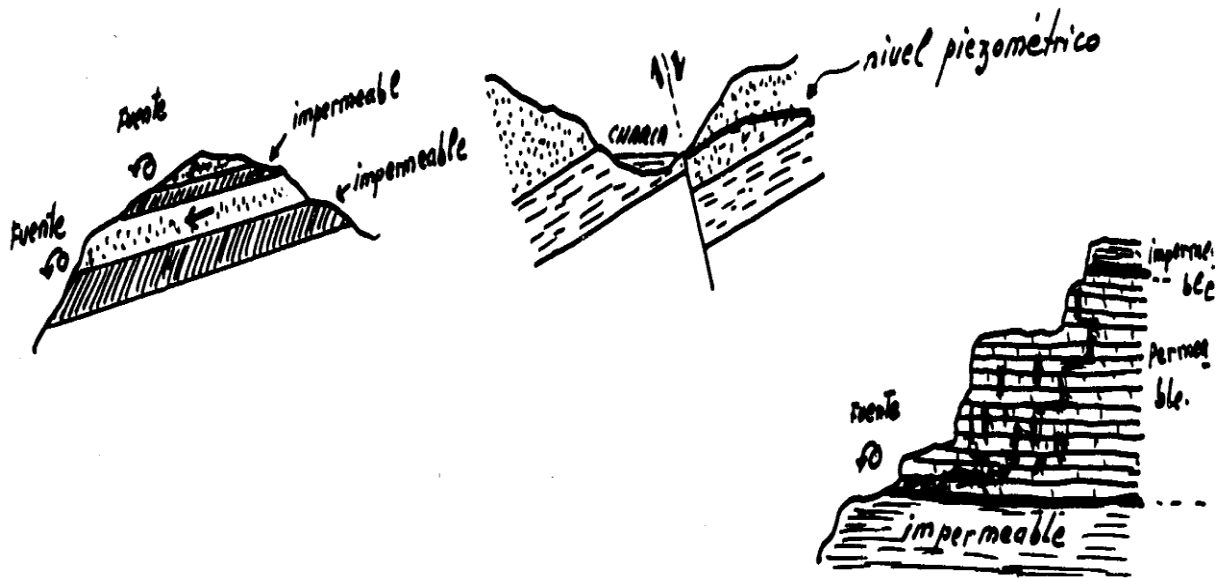
(Si un bombeo intenso reduce el nivel freático, pueden secarse los pozos superficiales)

b) Acuíferos cautivos o confinados:

- Recubiertos por material impermeable.
- El agua está sometida a mayor presión que la atmosférica.
- En estos acuíferos se denomina nivel piezométrico al plano al que llegaría el agua si no estuviese limitada en su parte superior por un estrato impermeable. Sería la altura que alcanzaría el agua en el interior de un sondeo hasta equilibrarse con la presión atmosférica. (En los acuíferos libres el nivel freático coincide con el piezométrico).
- **Pozo artesiano:** El agua sale sin necesidad de bombeo.

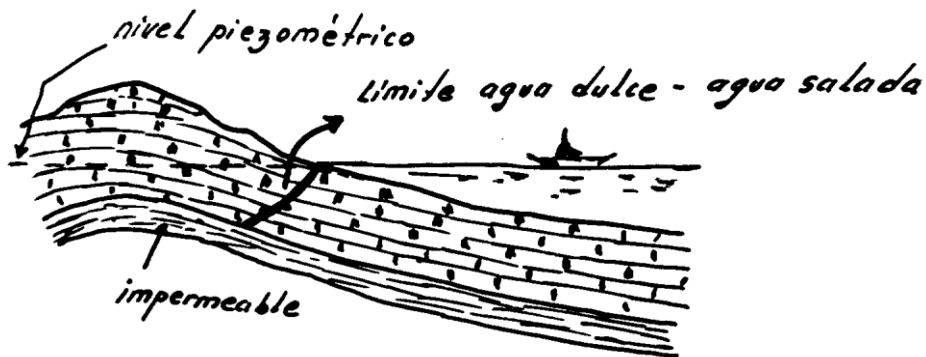


- La salida al exterior de las aguas subterráneas se produce cuando la topografía corta el nivel freático de un acuífero dando lugar a:
 - Manantiales.
 - o alimentando ríos y/o lagos.
- En ríos y lagos se puede infiltrar el agua y pasar a subterránea.



Se llama zona de recarga de un acuífero al terreno permeable por el que se produce la infiltración de agua que lo alimenta.

- Aguas subterráneas en regiones costeras:



- La extracción excesiva de agua dulce puede provocar la invasión del terreno por el agua marina.

Recursos hídricos:

Necesidades del agua. Uso y consumo: urbano, agrícola, industrial y recreativo.

Importancia del agua:

- Imprescindible para los seres vivos (beber).

- En las actividades agrícolas e industriales.

Consumo: Cantidad de agua que se pierde para un uso determinado.

Demanda: Cantidad de agua que se necesita para esa utilización.

Ejemplos:

- La energía hidroeléctrica tiene:
 - Un consumo bajo
 - Una demanda alta
- La agricultura tiene:
 - Un consumo muy alto (la mayoría del agua se pierde).
 - Una demanda muy alta.

Usos del agua

- Usos **Consuntivos**: se consume agua, o al menos pierde su calidad por contaminación o cambia de estado. Ej., se evapora. Es el caso del agua de uso doméstico, urbano, industrial...

- Usos **No consuntivos**: el agua no se altera ni cuantitativa ni cualitativamente, después de su utilización.

Ej., agua para uso recreativo, generación de energía hidroeléctrica, molinos hidráulicos, etc.

Uso urbano y doméstico.

- Uso para higiene personal, alimentación, lavado, inodoro.
- También hay que considerar el agua gastada en limpieza de calles y otros usos públicos.
- En los municipios de nuestro país hay una red de abastecimiento de agua, tanto para uso doméstico como para otros usos, como jardines, limpieza de calles, etc.
- Hay algunos países deficitarios en agua, en donde si la economía lo permite (como es el caso de Israel), hay 2 redes de distribución, una para uso doméstico y otra para agua de peor calidad, no para usos alimentarios.
- Algunos países del Tercer Mundo, El agua es difícil de conseguir o cara de comprar, ocasionando un terrible problema, sobre todo para las personas más desfavorecidas, que son la mayoría de la población. Esto es la causa de las hambrunas que ocurren en países tercermundistas, como en de Etiopía y otros.

Uso industrial.

El agua se utiliza para gran cantidad de usos industriales:

- Para la fabricación de papel, cemento, plásticos.
- Como disolvente de muchas sustancias.
- En procesos de refrigeración:

- Para refrigeración en la industria del acero.
- En el refinado del petróleo.
- En las centrales térmicas y nucleares.
 - Aunque el agua de refrigeración no se consume, pero al ir a parar caliente a los ríos, se reduce la cantidad de O₂ disuelto; además, suele llevar sustancias tóxicas para que no se desarrollen algas en los sistemas de refrigeración. Estas razones nos hacen ver que la calidad del agua se altera, aunque no se consuma.

Uso agrícola.

- Constituyen el mayor volumen de agua que se gasta.
- Son fundamentalmente aguas de riego para las plantas.
- Hay muchas pérdidas por evaporación y por filtraciones.
- Sistemas de riego:
 - A manta: poco eficiente.
 - Por goteo: mucho más eficiente

En la ganadería, también hay un consumo de agua: para beber los animales, limpieza de los establos, etc.

Uso recreativo.

- Utilización de embalses, ríos, lagos y mar, así como construcción de piscinas para el ocio o deporte.
- A veces los usos recreativos entran en conflicto con otros usos; sería por ejemplo el caso de un pescador que pescara en un río con residuos contaminantes.

7. IMPACTOS SOBRE LA HIDROSFERA. Contaminación de las aguas marinas y continentales. Eutrofización. Contaminación de las aguas subterráneas. Sobreexplotación y salinización de acuíferos. Medidas preventivas de la contaminación de las aguas.

Podemos decir que la contaminación del agua es la alteración de su calidad, y que por tanto deja de tener la utilidad para los usos a que se destina.

Según la naturaleza de los contaminantes, estos pueden clasificarse en contaminantes que producen alteraciones físicas, los que producen alteraciones químicas y los que producen alteraciones biológicas.

A. Contaminantes físicos:

- **Alteraciones de las propiedades organolépticas** (color, sabor, olor, es decir aquellas propiedades que pueden ser apreciadas por los órganos de los sentidos)
 - El color del agua es debido a materiales que lleva en suspensión o disueltos, como es el caso de un color rojizo en las aguas ferruginosas debido a óxidos de hierro.

- El sabor está relacionado con la presencia de sustancias disueltas, como cloruros o sulfatos.

- El olor es debido a la presencia de determinadas sustancias como el cloro.

- Temperatura.

En condiciones normales, la temperatura del agua está relacionada únicamente con las condiciones climáticas. Sin embargo por acciones humanas esta temperatura se puede ver alterada, como es el caso del agua que se ha utilizado en circuitos de refrigeración de plantas industriales, devolviéndose esta agua al medio natural a una temperatura superior a la que normalmente tiene.

En el caso de los embalses, el agua que llega al final del salto de agua tiene una temperatura inferior a la habitual del río o ríos que llegan hasta el embalse.

La contaminación térmica acuática afecta a los ecosistemas acuáticos produciendo en ellos una serie de efectos:

- El aumento de temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua, con el consiguiente problema para los seres acuáticos aerobios.

- La temperatura influye en el metabolismo celular, como es el caso de la acción enzimática.

- Hay especies acuáticas que viven en unos límites estrechos de temperatura (especies estenotérmicas) imposibilitando su supervivencia cuando se sobrepasan estos límites.

- Partículas en suspensión.

Según el tamaño de las partículas, estas pueden quedar en el seno del agua formando suspensiones permanentes y por tanto quedando el agua con turbidez, o bien las partículas pueden sedimentar.

- Formación de espumas.

El agua puede tener sustancias que aumentan la estabilidad de las burbujas gaseosas que puedan formarse en la superficie

- Radiactividad.

Las aguas presentan una radiactividad natural, como consecuencia de la presencia de isótopos radiactivos provenientes de las rocas.

Puede haber un aumento de los valores normales como consecuencia de actividades humanas relacionadas con procesos nucleares, como pueden ser algunos residuos radiactivos utilizados en medicina o en otras actividades que puedan generar residuos radiactivos.

B. Contaminantes químicos.

La presencia de sustancias químicas a partir de unos determinados niveles de concentración afecta a la calidad del agua porque altera las propiedades que esta debe de tener para los diferentes usos a que es destinada.

Como contaminantes químicos podemos citar:

- Cloruros.

Su presencia puede ser debida a causas naturales, como es el caso de aguas que han estado en contacto con sedimentos salinos) o bien por causas antropogénicas, como vertidos industriales o domésticos o excesivo bombeo de aguas subterráneas en pozos de zonas costeras, que pueden traer como consecuencia el que salga agua marina en vez de agua dulce.

-Fosfatos.

Su presencia va ligada en muchos casos al vertido de detergentes y al uso excesivo de abonos fosfatados. Un exceso de fosfatos produce la eutrofización de las aguas en lagos y embalses, como veremos en la siguiente pregunta.

-Sustancias nitrogenadas.

Por descomposición de la materia orgánica a causa de la acción de los microorganismos se obtienen en el agua compuestos nitrogenados; asimismo, el uso excesivo de abonos nitrogenados también aumenta el contenido de estas sustancias en el agua, pudiendo producir, junto con los fosfatos, la eutrofización de las aguas estancadas.

-Compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos tales como detergentes, pesticidas e hidrocarburos también afectan a la calidad de las aguas porque le dan un carácter reductor, ya que son capaces de combinarse con el oxígeno disuelto en ella.

- Metales.

Su presencia puede ser debido a causas naturales (por erosión de las rocas que los posean) o bien a causas antropogénicas debido a vertidos industriales. De esta manera se pueden encontrar en el agua vestigios mas o menos abundantes de sustancias como el plomo, mercurio, hierro, zinc, cobre y otras que en determinadas concentraciones hacen que estas aguas no sean útiles para el consumo humano.

Contaminantes biológicos.

Estos contaminantes producen alteraciones en la calidad de las aguas debido a los microorganismos presentes en ellas en número suficiente como para provocar alteraciones significativas, pudiendo ser muchos de ellos patógenos.

Efectos de la contaminación de las aguas marinas.

Al ser muy grande la cantidad de agua existente en los mares y océanos, estos tiene una gran capacidad de autodepuración; sin embargo hay que tener en cuenta una serie de factores:

- La cantidad de sustancias contaminantes en relación a la extensión en donde se encuentran (Ej., concentradas en alguna bahía u otra zona marina más o menos cerrada).

- Efecto más o menos nocivo del contaminante.

- Características del mar (afluencia a él de ríos mas o menos caudalosos, mayor o menor oleaje, mar pequeño u océano abierto..).

Todos estos factores y otros más harán que en algunos sitios se concentren más cantidad de sustancias contaminantes, siendo más difícil su eliminación, o que los mecanismos de depuración de las aguas sean insuficientes para su degradación.

Los lugares de origen de los contaminantes de las aguas marinas son los continentes, y llegan al mar a través de los ríos o de canalizaciones de aguas residuales urbanas e industriales que vierten sus productos al mar, en muchos casos sin un proceso de depuración previo.

Los mares cerrados cuyas costas estén densamente pobladas, como es el caso del Mediterráneo, son los que tienen una mayor contaminación.

Además de los contaminantes procedentes del continente, también hay una contaminación antropogénica originada en el propio mar, como es el caso de los

contaminantes vertidos por los buques (aguas residuales, basuras, productos de limpieza del barco...), además de los procedentes del tráfico de productos petrolíferos, o bien de sustancias tóxicas y peligrosas.

El transporte de petróleo desde la zona de extracción hasta las refinerías o a los lugares de utilización se realiza fundamentalmente en barcos, a veces enormes (superpetroleros) que llevan miles de toneladas de petróleo bruto.

El mar Mediterráneo se encuentra entre la principal zona productora del mundo, (Oriente Medio), y algunas regiones del norte de África, y dos de las principales zonas consumidoras, (Europa occidental y Norteamérica), con lo cual el tráfico de petróleo por este mar es muy intenso.

Los problemas medioambientales que ocasiona este tráfico están relacionados con la limpieza de los tanques receptores del petróleo en zonas portuarias, y el peligro potencial de los accidentes de barcos petroleros, de una repercusión medioambiental gravísima, afectando a la fauna y flora marina y costera, pues la enorme mancha de petróleo que se genera, la denominada marea negra, llega hasta las costas generando un gravísimo problema, pero ya no solo a la fauna y flora marina y costera, sino que también tiene enormes repercusiones económicas, ya que se alteran:

- Las actividades pesqueras (recolección de moluscos bivalvos (almejas, mejillones etc.) y de otra serie de especies marinas en las zonas de playa o de rocas costeras.

- Las actividades turísticas se ven afectadas, por el deterioro de las playas manchadas de este crudo petrolífero, que en algunos casos, como el ocurrido en las costas de Galicia presentaba una consistencia espesa, semisólida y que los voluntarios que fueron a limpiar las costas le denominaban “chapapote”. Este vertido de petróleo aludido tuvo lugar por la rotura y hundimiento del petrolero “Prestige” a finales del año 2003.

Por último, también hay que añadir que pueden llegar al mar determinados productos contaminantes a partir de la atmósfera transportados por el viento y que terminan en el mar, aunque su cantidad es menor que los vertidos por los ríos, los emisarios de aguas residuales e industriales, o los procedentes de los propios barcos y de los accidentes que estos pueden sufrir.

Eutrofización de las aguas.

Los ríos arrastran materiales procedentes de la erosión fluvial, materiales transportados por el viento y que caen en la masa acuática o procedentes de surgencias de aguas subterráneas que llevan sustancias en disolución.

A este proceso natural hay que añadir los aportes procedentes de actividades humanas, como es el caso de un abonado excesivo, y que por tanto el sobrante va a parar a los ríos a partir de las aguas de riego, o bien procedentes de granjas o aguas residuales domésticas.

El aumento del aporte de nutrientes, fundamentalmente en forma de nitratos y sobre todo de fosfatos da como resultado en las aguas estancadas, como es el caso de un lago o un embalse, una serie de procesos que en conjunto denominamos **eutrofización**.

El aumento de la concentración de nutrientes, fundamentalmente de nitrógeno y fósforo en la superficie de las aguas ocasiona un incremento de microorganismos fotosintéticos (fitoplancton); el agua toma una coloración verdosa ante este excesivo aumento de microorganismos, y se vuelve turbia.

Por otra parte, la actividad fotosintética es tan intensa, que como consecuencia de ella se libera mucho oxígeno, estando las aguas superficiales sobresaturadas, escapando el exceso a la atmósfera.

Conforme la cantidad de fitoplancton aumenta, el agua se vuelve más turbia, con lo que entra menos luz, y parte de los organismos fotosintéticos situados a una cierta profundidad mueren yendo a parar al fondo del lago, en donde la materia orgánica se oxida transformándose en materia inorgánica.

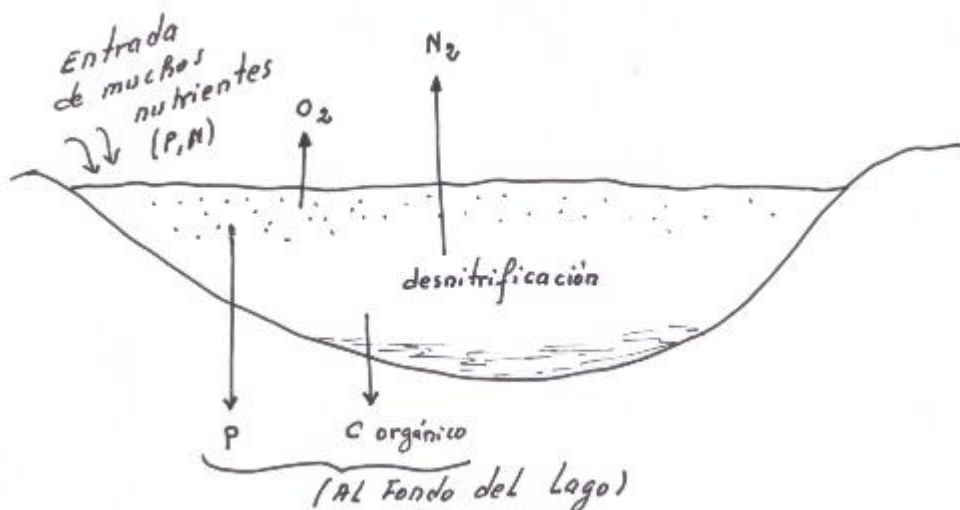
Ahora bien, el consumo de oxígeno en la degradación de la materia orgánica puede llevar a que no exista suficiente para seguir esta degradación, teniendo como resultado que parte de esta materia orgánica se sedimente en el fondo.

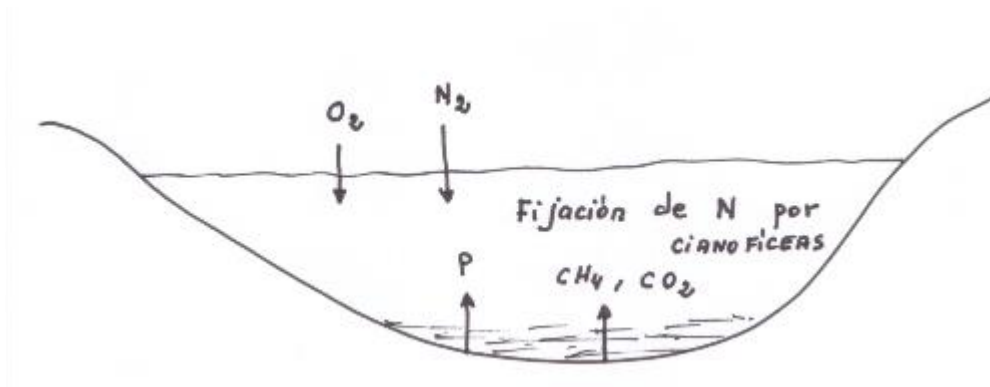
En el fondo del lago, pobre en oxígeno, debido a la acción de bacterias anaerobias se produce la fermentación de los sedimentos del fondo, reduciéndose los nitratos, formándose NH_3 y siguiendo la reducción hasta llegar a nitrógeno, con lo que se disminuye drásticamente la cantidad de nitratos en el interior del lago; a su vez los sulfatos se reducen a sulfhídrico (H_2S), y como resultado de ello se obtiene un olor desagradable procedente del agua profunda.

Aunque el nitrógeno se agote, puede ser fijado directamente de la atmósfera por las cianofíceas, que irán aumentando mientras existan fosfatos en el lago, a partir de los cuales volverán a haber procesos de fermentativos por las bacterias anaerobias.

El resultado final de la eutrofización será:

- Alteración de las propiedades organolépticas del agua: pérdida, de transparencia, alteración del color, sabor y olor.
- Alteraciones en los seres vivos del lago: proliferación de determinadas especies y muerte de otras
- Fermentaciones anaerobias en el fondo del lago, que se manifiestan en olores desagradables por la formación de sustancias como el H_2S , NH_3 et..





Impactos sobre las aguas subterráneas: contaminación, sobreexplotación y salinización de acuíferos.

Contaminación.

El agua subterránea puede no ser útil para determinados usos a causa de la presencia de determinadas sustancias que se pueden presentar en los acuíferos por causas naturales, o bien por causas antropogénicas.

En el primer caso, si el agua subterránea está por ejemplo en contacto con terrenos salinos, esta agua tendrá una cantidad grande de sales – como pueden ser cloruros o sulfatos- que en determinadas concentraciones no se podrán utilizar como agua de riego o no ser útiles para el consumo humano.

Por causas antropogénicas las aguas subterráneas se pueden contaminar si se infiltran en el terreno aguas procedentes de vertidos humanos, como son las aguas residuales domésticas o industriales, o bien las procedentes de granjas de animales y estercoleros.

Si el acuífero está constituido por terrenos permeables que sean porosos, como es el caso de las arenas, el movimiento muy lento del agua subterránea permite que haya una cierta autodepuración, pero si estos terrenos permeables lo son por grietas y fisuraciones, como es el caso de los acuíferos kársticos, el agua no tiene esta autodepuración, y la contaminación llega con todos sus efectos cuando se extrae agua o bien sale de forma natural por manantiales.

Sobreexplotación.

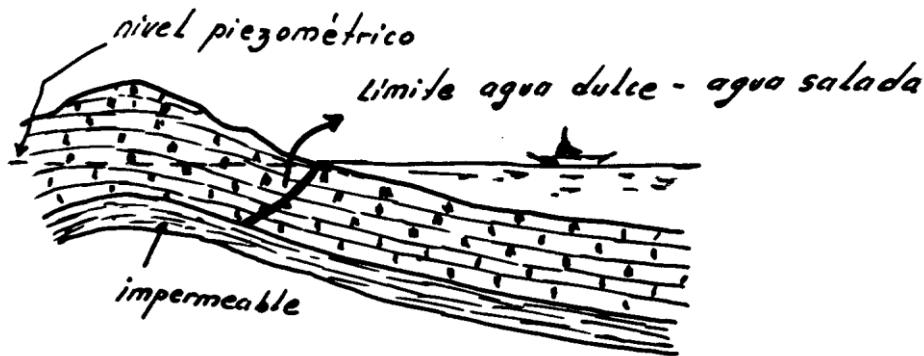
A consecuencia del aumento de la población, del desarrollo económico y por tanto del nivel de vida, hay cada vez un mayor consumo de agua.

Si existen suficientes obras de infraestructura hidráulica, como embalses, canalizaciones y trasvases, el problema del aumento del consumo de agua se puede hasta cierto punto resolver, pero si no existe esta regulación de los recursos hidráulicos, como ocurre en muchos países, ya que las obras de regulación son muy costosas, el problema se agrava; en el caso de las aguas de los ríos, se va reduciendo su caudal, al igual que disminuyen las reservas en el caso de las aguas subterráneas, pues se extrae agua a un ritmo superior a la recarga; además, el nivel piezométrico cada vez está más bajo, con el consiguiente agotamiento de muchos manantiales, y los pozos para extraer el agua se tienen que hacer más profundos, lo que acarrea mayor coste económico.

Salinización.

En los acuíferos costeros existe agua dulce procedente de las precipitaciones en el continente y agua salada procedente de las infiltraciones desde el mar. El límite entre la parte del acuífero donde hay agua dulce y la parte donde hay agua salada se denomina interfase.

Si hay una sobreexplotación de aguas subterráneas en una zona costera, la interfase se va dirigiendo cada vez más hacia el continente, ya que las aguas afluyen hacia el pozo por la fuerza del bombeo, y esto ocasiona que el agua salada vaya ocupando el espacio que deja libre el agua dulce, hasta que llegue un momento en que por el pozo salga agua salada en vez de dulce.



Este problema se ha detectado por ejemplo en nuestro país en zonas del litoral mediterráneo densamente pobladas o con una gran actividad agrícola. Se han citado casos en la costa de Granada y en los terrenos inmediatos a la desembocadura del Guadalquivir, por poner ejemplos de Andalucía; en otras partes de España, se conocen casos en zonas de la Comunidad Valenciana (Castellón de la Plana, Valencia y Alicante); espectacular fue la salinización en la costa de Tarragona en la década de 1970 a causa de la disminución de las precipitaciones durante unos años, unido a un cada vez mayor desarrollo urbano e industrial.

Medidas preventivas.

Las medidas preventivas de la contaminación de las aguas las podemos resumir en:

- Depuración de las aguas antes de ser vertidas en los ríos o en el mar.
- Antes de realizar una industria que genere residuos, habrá que realizar una evaluación de impacto ambiental, en donde estén especificadas las medidas preventivas (tecnologías adecuadas para reducir la contaminación, control de vertederos, etc.).
- En el caso de la eutrofización de lagos y embalses, se podrían tomar como medidas las siguientes:
 - Estudio de las necesidades que un determinado terreno agrícola tiene de abonos (fundamentalmente fosfatados), para no utilizarlos en exceso.
 - Control de los detergentes fosfatados, y eliminación de fosfatos en las aguas de uso urbano e industrial.
 - Desvío de las aguas residuales para que no viertan en los embalses.
- En cuanto al medio marino, las medidas preventivas consisten en realizar una serie de actividades, unas desde tierra y otras en el mar:
 - Como medidas a realizar desde tierra están las ya mencionadas de depuración de las aguas que se viertan en el mar, tanto procedentes de usos urbanos, como agrícolas o industriales.

- Las medidas desde el mar comprenderán el control de las actividades de limpieza y de vertidos desde buques y plataformas de extracción.
- Además de todas estas medidas, es necesario:
 - La existencia de reglamentaciones y leyes que controlen los vertidos marinos, y el transporte de mercancías, sobre todo de productos peligrosos, como material nuclear, hidrocarburos, sustancias tóxicas, inflamables et.
 - También será necesario que los buques que transporten estas sustancias sean especiales, con unas medidas de protección adecuadas a la peligrosidad de sus productos. Una medida ante accidentes sería la utilización de buques con dobles cascos.
 - En cuanto a las aguas subterráneas, las medidas preventivas pasan por:
 - La depuración de las aguas residuales, con objeto que las que puedan pasar a los acuíferos no tengan contaminantes.
 - La eliminación de los vertederos incontrolados.
 - La ubicación en terrenos adecuados y la total impermeabilización de los vertederos controlados.
 - En cuanto a la sobreexplotación de acuíferos, las medidas preventivas ponen un control de las extracciones de agua para que estas no sean abusivas, regulando el caudal y no sacando más agua que las recargas del acuífero.