

TEMA 5. (II parte).

EL AGUA COMO RECURSO. RIESGOS E IMPACTOS RELACIONADOS CON LA HIDROSFERA.

1. Recursos hidrosfera.

1.1. Usos del agua.

1.1.2 Usos consuntivos

- a) Consumo doméstico
- b) Consumo en agricultura y ganadería
- c) Consumo en industria y minería

1.1.3 Usos no consuntivos

- a) Usos energéticos
- b) Usos recreativos
- c) Usos ecológicos y medioambientales

1.2. Recursos energéticos procedentes de la hidrosfera

1.2.1. Energía hidroeléctrica

1.2.2. Energía mareomotriz

1.2.3. El hidrógeno como combustible

1.3. Salinas

2. Riesgos relacionados con Hidrosfera

2.1. Inundaciones.

2.2. Sequía.

3. Impactos: Contaminación de las aguas.

3.1. Origen de los contaminantes

3.2. Principales tipos de contaminantes.

3.3. Parámetros calidad del agua.

3.4. Efectos de la contaminación.

3.5. Otros impactos sobre los recursos hídricos.

3.6. Control de la calidad del agua.

4. La gestión del agua. Planificación hidrológica

2.1. Tratamiento del agua.

2.2. Gestión del agua.

2.2.1. Soluciones de carácter general

2.2.2 Soluciones de carácter técnico

2.2.3. Soluciones de carácter político

2.3. Marco legal en España

1. RECURSOS DE LA HIDROSFERA

1.1. USOS DEL AGUA

El agua es el componente mayoritario de los seres vivos, es imprescindible para la vida.

Su disponibilidad condiciona la distribución de las especies en la biosfera y la distribución de las ciudades e industrias.

Globalmente el agua es un recurso suficiente, pero en determinadas áreas geográficas es un bien limitado por:

- Distribución territorial y temporal de la población muy heterogénea.
- Crecimiento exponencial de las necesidades: aumento población y del nivel de vida.
- Mala planificación. Debe reciclarse y reutilizarse.

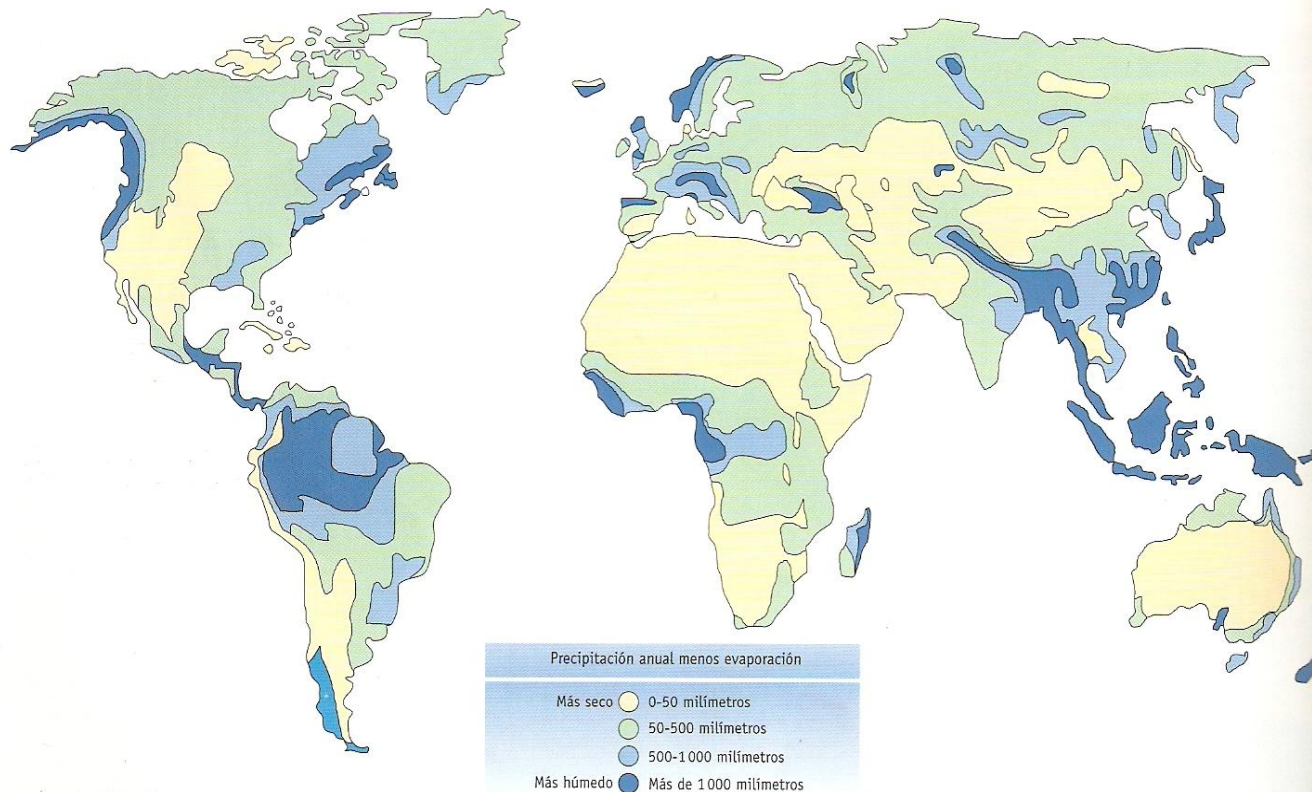
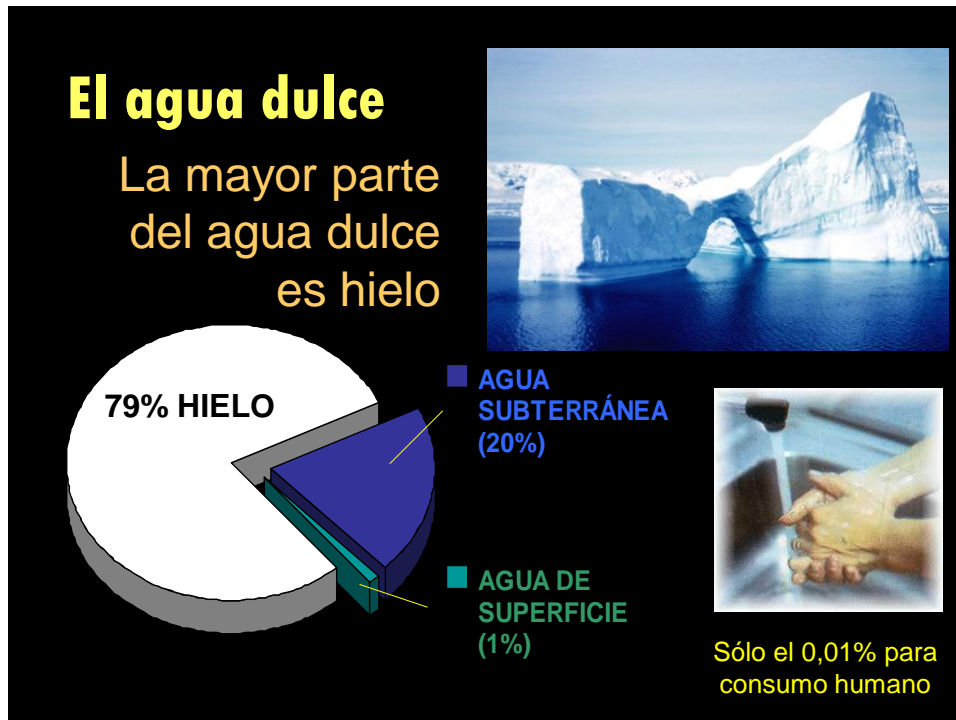


Fig. 12.1. Mapa de la disponibilidad de agua en la Tierra. (Fuente: Sandra Postel, UNESCO.)

Para llevar a cabo un uso adecuado o racional de los recursos de agua es necesario tener en cuenta que cuando la explotación del agua en una zona supera la tasa de renovación, las reservas de agua disminuyen y pueden llegar a agotarse.

Por tanto, no existe peligro de agotamiento siempre que la extracción del agua de un compartimiento (río, agua subterránea,...) no sobrepase el límite de su tasa de renovación o recarga.



El agua es necesaria para el consumo doméstico y para llevar a cabo diversas actividades económicas como la agricultura, ganadería, industria o la minería.

La calidad del agua es un concepto que se utiliza para describir las características físicas, químicas y biológicas del agua con relación a un uso determinado. El agua no ha de tener la misma calidad para todos los usos. Existe pues, una relación entre la calidad del agua y los usos a lo que se destina. Así para beber ha de utilizarse agua potable, pero para regar un campo puede utilizarse agua de menor calidad.

Existen dos tipos de usos del agua:

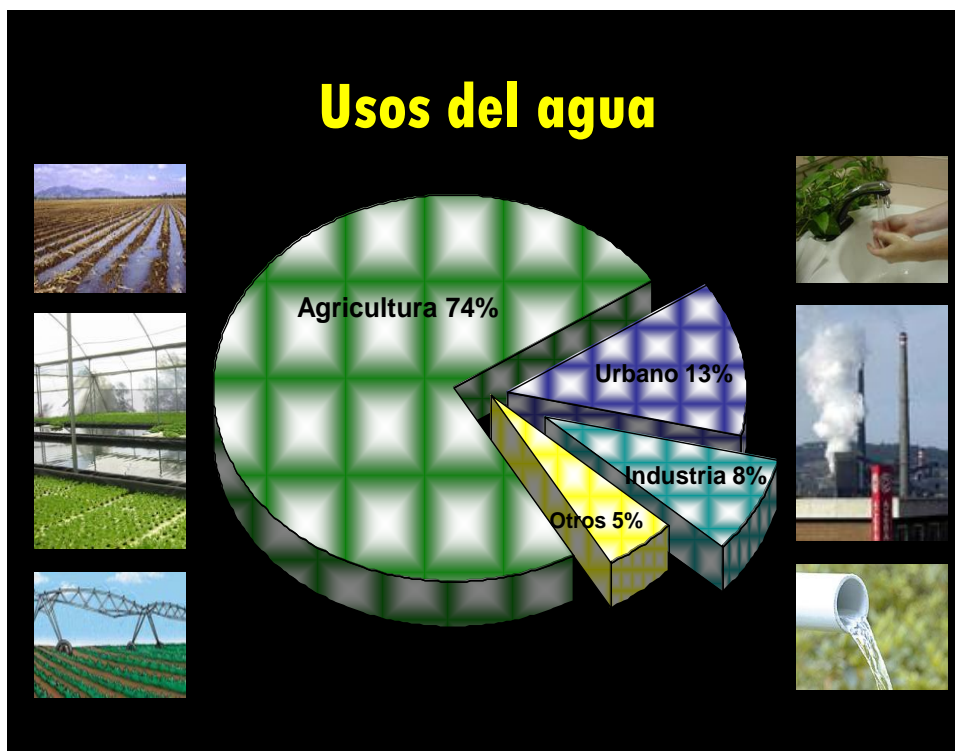
- **Usos consuntivos:** Son aquellos que reducen su cantidad y/o su calidad, de manera que el agua después de ser utilizada, no puede usarse de nuevo con el mismo fin, ya que su calidad ha variado.
- **Usos no consuntivos:** Son los que no reducen su cantidad ni su calidad, y el agua puede volver a ser utilizada diversas veces. Ej: actividades recreativas, centrales hidroeléctricas.

1.1.1. USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA

A) CONSUMO DOMÉSTICO O URBANO

Son los que cubren las necesidades de agua en el hogar, comercio y servicios públicos (colegios, hospitales, jardines). Representa el 10% del agua utilizada.

La demanda está relacionada con el nivel de vida, el desarrollo económico y el tamaño de la población. Supone menos de la décima parte del consumo de agua mundial. Las necesidades mínimas son de 15L/día, para una buena calidad de vida se calculan 80L/día. Los países desarrollados gastan entre 200 y 300 L/día.



- Un conjunto de infraestructuras facilitan la **disponibilidad** del agua a toda la población y garantizan su calidad. Así, el agua es captada de los ríos, lagos y pantanos, y se conduce a una planta potabilizadora, donde se limpia y desinfecta con el fin de hacerla apta para el consumo humano. De este modo se eliminan todos los gérmenes patógenos como bacterias o virus que transmiten enfermedades (tifus). El agua potable se almacena en grandes depósitos y se distribuyen a la población mediante una red de tuberías. Una vez que llega a su destino, se utiliza, y después de su uso se vierte al desagüe.

- El agua usada se denomina **agua residual**. Pasa por la red de alcantarillado hasta llegar a una planta depuradora donde el agua se limpia antes de verterla al río o mar. Aunque la instalación de plantas depuradoras se está generalizando, todavía existen poblaciones que vierten sus aguas residuales directamente a los ríos o al mar.

En los países donde no existe este tipo de infraestructuras se generan problemas:

- La **falta de abastecimiento** de gran parte de la población.
- Una baja calidad del agua que muchas veces transmite graves **enfermedades** como el cólera.

B) CONSUMO DE AGUA EN LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA

Representa el 70% del agua utilizada

- En la **agricultura** se utiliza el agua para el riego a través de diversas técnicas:

- Los **canales y acequias**: Son sistemas de riego tradicionales que desvían el agua de los cursos fluviales para transportarla a los campos de cultivo. Esta técnica recibe el nombre de **riego por inundación**. Este tipo de riego supone un consumo de agua muy grande, ya que parte de ella se pierde por evaporación o por infiltración en el suelo.
- Más actuales son el **riego por aspersión** y el **riego por goteo** que son más usados ya que permiten ahorrar agua. El riego por **aspersión** tampoco es muy eficaz, ya que si la atmósfera es cálida y seca absorbe gran cantidad de agua de riego antes de que llegue al suelo. El **riego por goteo** constituye el sistema más avanzado de riego, en el que el agua se reparte mediante una red de conductos con poros, semienterrados y en contacto con las raíces de las plantas. El agua se aplica en dosis pequeñas y frecuentes, suministrando a la planta la cantidad de agua que necesita.

En los países ricos se han desarrollado infraestructuras hídricas que han permitido utilizar grandes superficies de tierra para agricultura de regadío, que necesita una gran cantidad de agua y de la que se obtiene grandes beneficios. En el caso de España, se desperdician cerca de las 2/3 partes de agua destinadas a la agricultura, debido a que se cultivan especies que, en muchos casos, no son adecuadas y además se utiliza sobre todo el riego por inundación.

- En las explotaciones ganaderas el agua se utiliza para la bebida del ganado y para la limpieza de las grandes naves donde se crían los animales.

C) CONSUMO DE AGUA EN LA INDUSTRIA Y LA MINERÍA

Representa el 20 % del consumo mundial. A mayor desarrollo industrial mayor consumo.

Se distinguen dos formas de utilizar el agua:

- **Uso directo:** Cuando el agua se utiliza en los procesos de fabricación, como en el caso de las industrias papeleras, textiles, químicas. En la industria de la alimentación, el agua se incorpora a bebidas, conservas, etc.
- **Uso indirecto:** Cuando se utiliza para refrigeración de las máquinas, el lavado de los materiales o la limpieza de las instalaciones.

La fabricación de papel reciclado supone un ahorro de agua de un 85% respecto a la fabricación habitual, además se producen menos sustancias contaminantes.

Para la limpieza de las aguas residuales industriales y mineras, muchas empresas construyen su propia planta depuradora, o bien envían las aguas a la depuradora municipal, ya que si las aguas residuales son vertidas directamente al río o al mar, las sustancias que contienen en disolución o en suspensión pueden provocar la contaminación de las aguas y afectar a los ecosistemas.

1.1.2. USOS NO CONSUNTIVOS

A) USOS ENERGÉTICOS

El agua se utiliza para la obtención de energía eléctrica: hidroeléctrica, mareomotriz, del hidrógeno.

B) USOS RECREATIVOS

Comprende la utilización de ríos, embalses y lagos para prácticas deportivas y de ocio, así como la construcción de piscinas. También navegación.

C) USOS ECOLÓGICOS Y MEDIO AMBIENTALES

El **caudal ecológico, ambiental o mínimo** es la cantidad de agua necesaria para preservar el buen funcionamiento y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, conservando su biodiversidad, su dinámica, el paisaje, permitir la carga de los acuíferos etc. (Zonas de interés ecológico por su biodiversidad: humedales, lagunas y riberas de ríos).

Aunque no tiene un uso en sentido estricto es una restricción que ha de establecerse cuando se planifican los recursos hídricos de una zona, región o país.

El **caudal de mantenimiento** es la cantidad de agua que permite mantener un nivel adecuado de desarrollo de la vida de los ecosistemas acuáticos y de las zonas de ribera, aguas debajo de los lugares en los que existen modificaciones en el régimen fluvial. Debe ser del 10% del total de los recursos hídricos.

1.2. Recursos energéticos procedentes de la hidrosfera

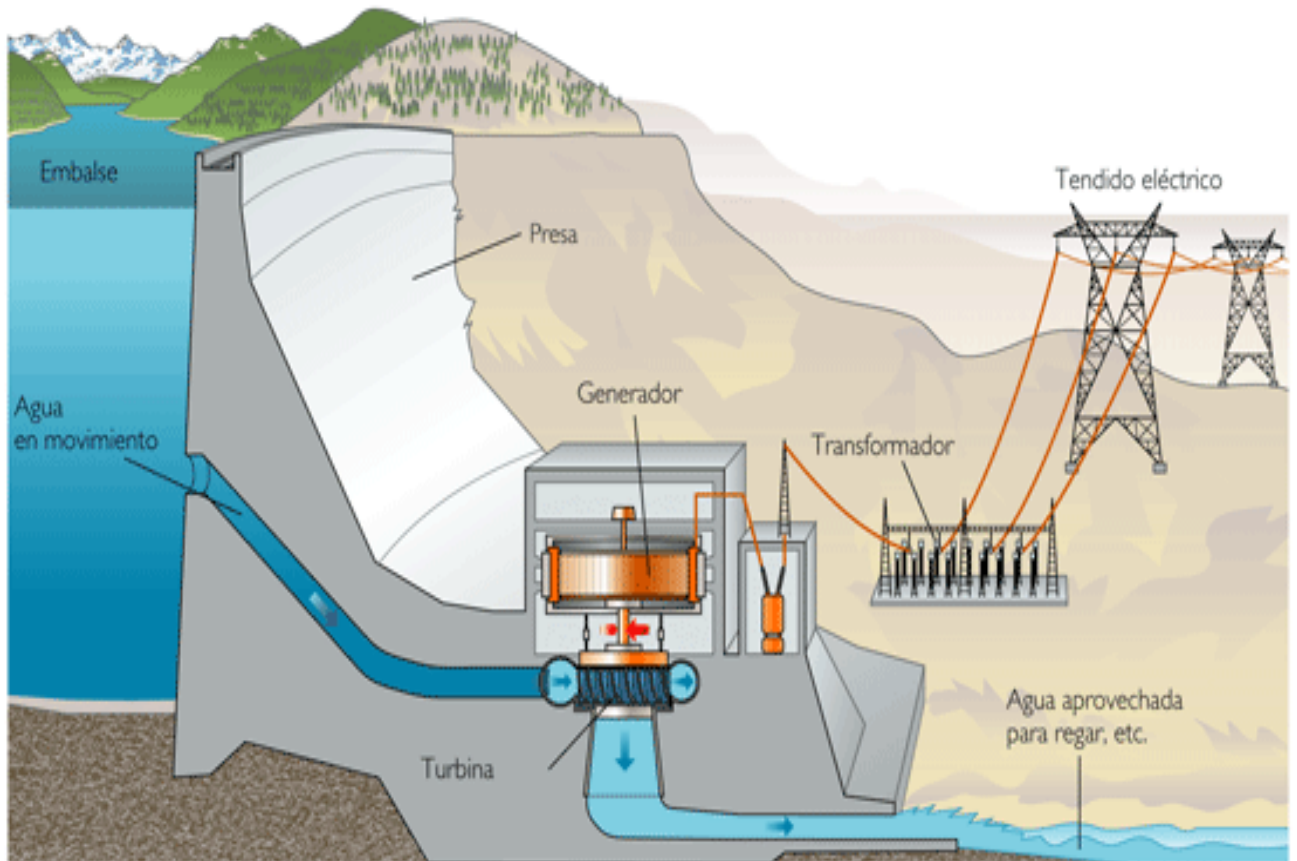
1.2.1. ENERGÍA HIDROELÉCTRICA:

Es la que se produce a partir de las corrientes de agua de los ríos. Se ha utilizado desde la antigüedad en los molinos de agua y en las norias para moler el grano, pero actualmente se aprovecha para generar energía eléctrica, siendo una energía limpia y renovable. Tiene un origen solar, ya que el ciclo hidrológico tiene como motor el calentamiento de las masas fluidas y su recorrido por la atmósfera y la hidrosfera.

Las **centrales hidroeléctricas** constan de un embalse que, mediante diques o presas, cierran un valle y permiten acumular el agua en zonas montañosas y de pluviosidad elevada.

La masa de agua se conduce por una tubería a las aspas de una turbina situada a pie de la presa para poner en movimiento un generador eléctrico, aprovechando el desnivel de la presa.

Así, la energía potencial del agua debida a la altura y a su masa, se transforma en cinética, que se convierte en mecánica en la turbina y, por último, en eléctrica en el generador.



En nuestro país existen más de 1000 centrales hidroeléctricas, la más potente es la de Aldeadávila sobre el río Duero. En los últimos años se ha promovido la construcción de **minicentrales** (tenemos una en Binéfar en el canal) ya que tienen una serie de ventajas: permiten satisfacer la demanda a pequeños núcleos de población, su mantenimiento es más barato y, desde el punto de vista de conservación de la naturaleza, tienen la ventaja de que no necesitan grandes embalses que destruyen valles por inundación. Cataluña y Castilla-León son las comunidades con mayor número de minicentrales.

Castilla-León es la comunidad que tiene mayores perspectivas por sus condiciones hidrográficas y orográficas, sobre todo en el tramo medio del río Duero, las montañas de León y la vertiente norte de la Sierra de Gredos.

Inconvenientes de las centrales hidroeléctricas:

- Impacto paisajístico.
- Posible **rotura de presas**.
- **Fluctuaciones** en la producción, ya que depende de la disponibilidad de agua. En épocas de sequía la producción disminuye, por lo que no se pueden hacer previsiones.

- **La construcción de embalses** provoca un cambio en la dinámica del río que ocasiona:
 - . Reducción de la biodiversidad. Se ve afectado el bosque de ribera.
 - . Dificultad de migración de los peces.
 - . Cambios en la composición química del agua.
 - . Eutrofización del embalse por acumulación de vertidos y residuos.
 - . Retención de arena provocando el retroceso de los deltas. Los embalses tienen una vida limitada debido a la colmatación.
 - . **Inundación de tierras fértiles** o espacios naturales provocando el desplazamiento forzoso de sus habitantes y la desaparición del hábitat para un gran número de seres vivos.
 - . Modificaciones en el microclima por evaporación, generando más precipitaciones.

Ventajas:

- Energía renovable, limpia y barata.
- Alto rendimiento energético.
- Reservas de agua para abastecimiento, agricultura, usos recreativos,...
- Regulación del caudal del río ante una crecida, evitando inundaciones.

1.2.2. ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Utiliza la energía de la fuerza de las mareas para producir e. eléctrica.

Las mareas son las variaciones del nivel del mar debido a la atracción entre la Luna y el Sol sobre la Tierra.

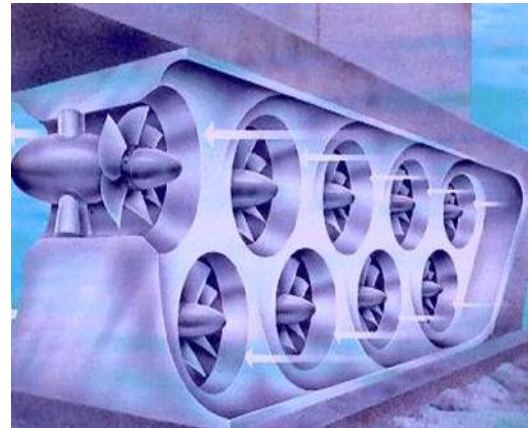
La **pleamar** corresponde al momento en el que el nivel del mar es máximo. La **bajamar** corresponde al momento en el que el nivel del mar es mínimo.

Para que este tipo de energía sea rentable debe existir:

- Una gran diferencia de nivel del agua entre la pleamar y la bajamar.

El relieve de la costa debe permitir estas construcciones. Para la construcción de centrales mareomotrices se cierra una bahía o estuario mediante un dique con compuertas. En ellas se instalan turbinas conectadas a un alternador. Al subir la marea, el agua entra en la zona cerrada o bahía y la corriente mueve las turbinas produciendo energía eléctrica. Cuando baja la marea, el agua la corriente regresa al mar y vuelve a accionar las turbinas. Este tipo de energía no está técnicamente muy desarrollado. La primera central instalada fue la del estuario del río Rance en Francia. El dique tiene

700 m de longitud, 24 de ancho y 15 de alto con 24 turbinas reversibles de 10 Mw. de potencia cada una.



Ventajas:

- Es renovable y limpia.
- Alto rendimiento energético.

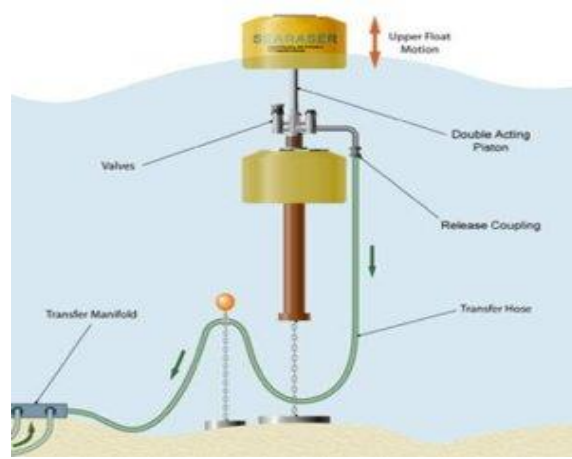
Desventajas:

- Impacto paisajístico.
- Muy localizado. Solamente en lugares de costa, y con características adecuadas.

En España no está muy desarrollada.

También se intenta aprovechar la **energía generada por el moviendo de las olas**, **energía undimotriz**, o **energía olamotriz** se basa en el aprovechamiento de la energía de la **oscilación vertical** de las olas a través de unas boyas eléctricas que se elevan y descienden, el agua entra y sale de la bomba e impulsa un generador que produce la electricidad. La corriente se transmite a tierra mediante un cable submarino.

En España hay una planta piloto en Santoña (Santander).



Desventajas:

- Impacto paisajístico.
- Alto costo económico.
- Problemas técnicos de absorción de la energía mecánica. El fuerte oleaje puede destruir las estructuras.

Ventajas: Las mismas que la mareomotriz.

1.2.3. EL HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE

Es el gas más abundante del universo, en la Tierra se encuentra combinado formando agua y otros compuestos que forman parte de los s. v. y de los combustibles fósiles. El principal uso del hidrógeno, se proyecta en el sector del automóvil.

En la actualidad la mayor parte del H_2 utilizado procede del gas natural, de modo que además de consumir un recurso no renovable emitimos CO_2 a la atmósfera.

Lo ideal sería obtenerlo de la **hidrólisis** del agua, pero hoy día sale caro y hay que tener en cuenta cómo se ha generado esa electricidad (de forma renovable). También puede obtenerse por **fotoólisis** del agua.

Los vehículos de hidrógeno también pueden funcionar con una pila de combustible, o pila de hidrógeno, dispositivo que, a partir de la electricidad generada por una pequeña placa fotovoltaica de silicio policristalino, produce la hidrólisis, o separación de agua destilada en gases hidrógeno y oxígeno.

El gas hidrógeno es el "combustible", el que suministra electrones que se mueven por un circuito eléctrico, dándole energía al motor del coche para

que éste se mueva, Luego el hidrógeno y el oxígeno se vuelven a juntar y recuperamos el agua inicial. (Ver animación en Moodle).

Ventajas: (si procede del agua)

- Muy abundante, renovable.
- Limpio, no se emiten contaminantes.
- Muy energético.

Desventajas:

- De momento tiene un alto coste de producción.
- Para hidrolizar el agua se requiere una fuente de energía.

HACIA UN NUEVO SISTEMA ENERGÉTICO (Aplicable a todos los recursos energéticos de todos los sistemas).

En la actualidad, el sistema energético mundial se caracteriza por el predominio de las energías no renovables, la energía nuclear y, sobre todo, los **combustibles fósiles** (carbón, petróleo, gas natural).

Su actual ritmo de explotación plantea **dos problemas**:

- Su **agotamiento** en un futuro más o menos próximo. El futuro del petróleo como fuente de energía es muy incierto, pues aunque se descubran nuevos yacimientos, éstos serán menos asequibles que los descubiertos hasta ahora y su extracción será más costosa y, por tanto, su precio será mayor.
- Los **impactos ambientales** debido a las emisiones de gases como CO₂ y otros, que producen graves problemas de contaminación y el efecto invernadero.

El nuevo sistema energético debe orientarse en el sentido siguiente:

- Fomentar la utilización de las fuentes de **energía renovables** y potencialmente renovables y para ello se ha de ayudar a la investigación para desarrollar nuevas tecnologías más baratas para que puedan acceder a ellos el mayor número de personas. Programas I+D. (Investigación, innovación y desarrollo)
- Incrementar la **eficacia energética**, es decir, obtener el máximo rendimiento de los aparatos que utilizan energía y evitar las pérdidas de energía en forma de energía no útil.

- Fomentar el **ahorro energético** tanto en el ámbito doméstico como industrial y en el transporte.
 - En el **ámbito doméstico**: mediante la arquitectura bioclimática que diseñan los edificios teniendo en cuenta el clima, utilizando superficies acristaladas, paredes y techos, aislantes así como plantando árboles para que den sombra en verano como sistema de refrigeración y la instalación de paneles solares. Estas medidas permiten ahorrar el 50% de la energía que se consume en una vivienda. Utilización de electrodomésticos de bajo consumo, bombillas halógenas que consumen un 70% menos de energía, etc.
 - En el **ámbito industrial**: desarrollando nuevos sistemas que permitan recuperar el calor disipado en algunos procesos. Se suele utilizar en las centrales térmicas en que el calor producido por el combustible además de producir electricidad se utiliza para otros fines, se conoce como **cogeneración de energía**, es decir la producción combinada de dos formas útiles de energía a partir de una misma fuente de combustible. El calor residual del fluido una vez que ha producido la rotación de la turbina, puede emplearse como agua caliente, calefacción o energía mecánica. (Este es ejem. libro pág. 343, también explicar ejem. Papeleras). También fomentando el reciclado de productos y la utilización de residuos como combustible.
 - **En el transporte**: fomentando la utilización de transporte público (autobús, trenes, tranvías,...) para ello se deben mejorar las redes de transporte.

1.3. Salinas.

Una **salina** es un lugar donde se deja evaporar agua salada, para dejar solo la sal, poder secarla y recogerla para su venta. Se distinguen dos tipos de salinas, las **costeras**, situadas en la costa para utilizar el agua del mar, y las **de interior**, en las que se utilizan manantiales de agua salada debidos a que el agua atraviesa depósitos de sal subterráneos. En algunos



casos, debido al escaso caudal de los manantiales también se utiliza el bombeo de agua al interior de la tierra desde unas balsas o estanques, aumentando así la producción de sal. Las salinas vienen siendo explotadas desde antes de los romanos.

2. RIESGOS ASOCIADOS CON LA DINÁMICA DE LA HIDROSFERA

2.1. LAS AVENIDAS O INUNDACIONES

Los principales fenómenos que las desencadenan son los huracanes, lluvias torrenciales, la rápida fusión de la nieve por el aumento de la temperatura, o por la actividad volcánica, los obstáculos en la desembocadura de los ríos, o la obstrucción del cauce por avalanchas o deslizamientos y las roturas de presas. Estos fenómenos provocan un aumento del caudal de los ríos que llegan a desbordarse y originan las inundaciones.

La superficie inundada puede ser a veces muy extensa y se producen daños incalculables, como son:

- Muerte directa de personas y animales.
- Destrucción de cosechas y bienes personales.
- Destrucción de construcciones, puentes, carreteras,...
- Aparición de brechas, fracturas en diques y embalses con riesgo de rotura.
- Gran erosión del terreno.
- Riesgo de epidemias: hepatitis, tifus,...

Cuando el caudal de un río aumenta y se desborda, el agua inunda las zonas adyacentes, pero este desbordamiento es controlado ya que el suelo absorbe mucha agua impidiendo inundaciones catastróficas. Pero el hombre construye cauces artificiales con edificios hasta el borde del cauce, impermeabiliza el suelo con hormigón o asfalto y cuando hay una crecida se produce una gran inundación porque el agua no es absorbida por el suelo y discurre a gran velocidad destruyendo los edificios cercanos. Así mismo, al deforestar se impide la retención de agua que por escorrentía desembocan en los ríos agravando las inundaciones. En este caso también se produce la erosión del suelo, yendo a parar la tierra al cauce del río, de modo que éste tendrá menos capacidad para el agua.

Las inundaciones son la segunda causa de muerte después de los seísmos. Constituyen el **mayor riesgo en nuestro país**. En España son frecuentes las inundaciones en las **ramblas mediterráneas**. (Las ramblas son torrentes de zonas llanas y secas).

PLANIFICACIÓN DE LOS RIESGOS POR INUNDACIÓN

Medidas de predicción: Se basan en las predicciones meteorológicas. Actualmente es posible prever la formación de grandes tormentas que pueden originar inundaciones.

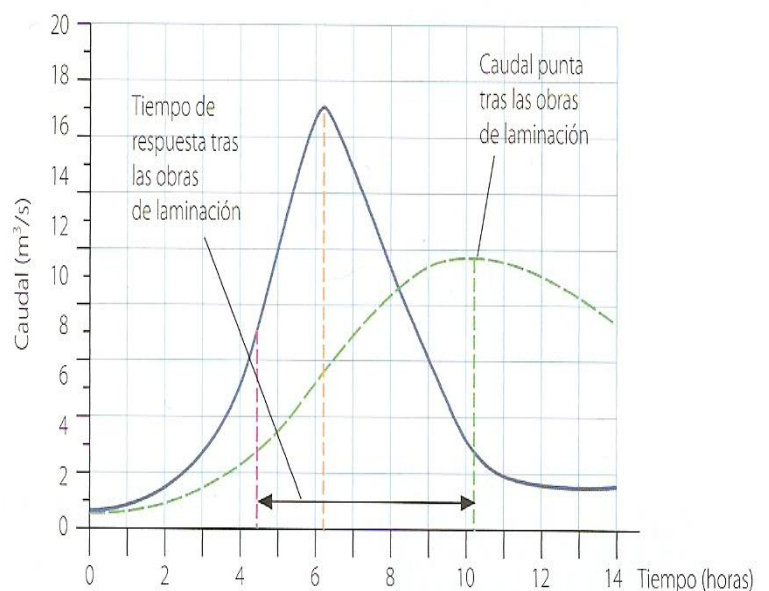
Medidas de prevención y corrección

Medidas estructurales:

- Impedir el desbordamiento mediante la construcción de canales y diques de contención, pero en fuertes crecidas pueden romperse provocando graves catástrofes.
- Aumentar la capacidad del cauce mediante su ensanchamiento, limpieza del fondo, suprimiendo estrechamientos o estabilizando los márgenes.
- Medidas de laminación hidráulica que regulan las crecidas de los ríos reteniendo el agua para después soltarla de forma controlada. Se llevan a cabo mediante la construcción de embalses que además de retener el agua pueden servir para la producción de energía hidroeléctrica o para actividades recreativas.
- También se realizan desvíos de cauces muy utilizados en los tramos fluviales que atraviesan ciudades (*Turia a su paso por Valencia*).
- La reforestación y conservación del suelo es la medida más eficaz, ya que los vegetales retienen el agua porque la absorben por las raíces, disminuyendo la escorrentía, la formación de agua de arroyada y torrentes y evitando la erosión del suelo y, por tanto, la acumulación de sedimentos en los cauces que provocan un incremento del riesgo por inundaciones.

Las obras de laminación, como la construcción de diques o los aterrazamientos, tratan de aumentar el tiempo de respuesta y de disminuir el caudal punta de un arroyo o un curso fluvial.

En el hidrograma se representa en verde el tiempo de respuesta del arroyo del ejemplo anterior después de realizar obras de laminación se puede observar que el caudal punta ha disminuido y el tiempo de respuesta ha aumentado.



Medidas no estructurales:

- Elaboración de mapas de riesgos y la ordenación del territorio limitando o prohibiendo determinados usos en las zonas propensas a inundaciones. Esta ordenación del territorio es esencial ya que las terrazas fluviales y llanuras de inundación son zonas muy fértiles y se utilizan para el cultivo.
Así la legislación española establece **tres zonas de ocupación** en las terrazas fluviales para prevenir el riesgo de inundaciones:
Zona A: de prohibición total para cualquier tipo de uso que comprende el cauce y una franja de 5 m. desde los márgenes del río.
Zona B: de restricción I con una probabilidad de inundación de 1/100 (1 avenida cada 100 años), con una anchura de 100 m. Se permiten los usos agrícolas y las construcciones están limitadas (nº de pisos, estructura,...)
Zona C: de restricción II con una probabilidad de que ocurran las inundaciones de 1/500, en la que existen algunas normas de restricción, aunque la limitación es menor que el caso anterior.
- Protección Civil establece sistemas de alarma que consisten en tener varias pautas de observación en el cauce donde se instalan pluviómetros o estaciones para estudiar las variaciones del caudal.
- Medidas de emergencia de Protección Civil: evacuación, medidas de autoprotección, etc.

2.2. LAS SEQUÍAS

Las sequías son frecuentes durante las estaciones secas en zonas donde la disponibilidad del agua no es abundante.

Se entiende por **sequía** la escasez de agua de manera temporal en una zona donde suele haber agua disponible. Sin embargo, la **aridez** es la escasez de agua de manera permanente en una determinada zona. En estas zonas áridas, los seres vivos se encuentran en el límite en cuanto a la disponibilidad de agua, además en estas zonas cualquier cambio que pueda hacer disminuir la cantidad de agua corre el riesgo de convertirse en desiertos.

Para **prevenir y paliar** los efectos de las sequías es necesario que exista una buena gestión de los recursos hídricos y que se promuevan medidas de ahorro de agua.

Entre las principales medidas se encuentran: la instalación de depósitos, embalses, trasvases y la explotación de los acuíferos

España es un país afectado por las sequías ya que en los meses de verano, las lluvias son escasas, especialmente en el **sur de la Península y la costa**

mediterránea. La escasez de precipitaciones y la fuerte demanda de agua, así como la mala gestión, influyen en el agotamiento de las reservas de agua.

3. IMPACTOS: LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

La **contaminación del agua** se produce cuando se le añaden sustancias o energías que alteran sus características y, por tanto, su calidad disminuye.

(Leer también definiciones de la Ley de Aguas y de la OMS).

3.1. Origen de los contaminantes

A. Origen de los contaminantes de las aguas continentales

La contaminación en función de su origen puede ser:

- **Natural:** presencia de sustancias en el agua sin que intervenga la acción del hombre, como polen, esporas, hojas, excrementos de animales. Estos residuos son normalmente eliminados por la capacidad autodepuradora del agua.
- **Antrópica:** cuando es causada por las actividades del hombre. La contaminación antrópica puede ser según el origen: contaminación urbana, agrícola, ganadera, industrial y minera. Estos contaminantes no pueden ser eliminados por el ciclo de autodepuración del agua ya que su elevada concentración o su naturaleza no lo permiten, entonces se acumulan y se trasladan a los distintos compartimentos de la hidrosfera y también al suelo y a la biosfera.
 - **La contaminación urbana:** Pueden ser:
 - Aguas domésticas:** como las aguas de cocina (sales, materias grasas, sólidos en suspensión,...) o las aguas blancas de baño (jabones, detergentes, cosméticos,...)
 - Aguas negras** procedentes de la defecación del ser humano contienen gran cantidad de microorganismos tanto aerobios como anaerobios.
 - Aguas de limpieza y riego:** contaminadas por las sustancias de limpieza y de materiales como abonos de parques y jardines. Estas aguas residuales, en ocasiones son vertidas directamente a los ríos o al mar sin pasar por un proceso de depuración.
 - **La contaminación agrícola:** los pesticidas, plaguicidas y los abonos son arrastrados por el agua de riego o lluvia y contaminan las aguas subterráneas o ríos.
 - Los **pesticidas y plaguicidas** contienen sustancias tóxicas que pueden transmitirse a lo largo de la cadena trófica produciendo "**bioacumulación**" que es un fenómeno que se produce cuando determinados contaminantes se incorporan a la cadena trófica.

Su concentración aumenta a medida que asciende el nivel en la cadena trófica, ya que los depredadores consumen gran número de presas contaminadas.

- Los **abonos** contienen entre otras sustancias, nitrógeno y fósforo que contribuyen al proceso de **eutrofización** de las aguas.

- La **contaminación ganadera**: los **purines** son los excrementos del ganado. Muchas veces son vertidos directamente al agua o se utilizan para abonar los campos de cultivo, contaminando las aguas superficiales y subterráneas. Los purines provocan proliferación de **microorganismos**, muchos de ellos patógenos y **eutrofización** de las aguas.

- La **contaminación industrial y minera**: la contaminación industrial y minera aporta al agua gran variedad de contaminantes como: materia orgánica, metales pesados, incremento del pH, incremento de T^a, radiactividad.

La composición de estas aguas residuales es muy diversa y depende de la industria que las genera. Entre las industrias más contaminantes están las petroquímicas, energéticas, textiles, papeleras, siderúrgicas, alimenticias y mineras.

La utilización industrial del **agua como refrigerante** produce contaminación. El agua es devuelta al río a una temperatura más elevada, lo que hace disminuir la concentración de oxígeno disuelto, esto provoca la muerte de un gran número de peces. Además la temperatura elevada del agua dificulta la vida de muchas especies.

Las **actividades nucleares** generan residuos de baja y alta actividad cuyo almacenamiento subterráneo se ha de hacer con la mayor seguridad con el fin de evitar filtraciones en las aguas subterráneas. El uso del agua en los sistemas de refrigeración de las centrales nucleares puede producir contaminación térmica.

El origen de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas es prácticamente el mismo. Sin embargo, la contaminación de las aguas subterráneas es más grave porque:

- La detección de la contaminación en las aguas superficiales se percibe inmediatamente.
- La autodepuración de las aguas superficiales es rápida, ya que se renuevan con rapidez, que una vez que se anula el foco de contaminante, en poco tiempo se vuelve a la normalidad. Además la depuración artificial es relativamente fácil. En los acuíferos la

autodepuración es lenta y la depuración artificial es sumamente difícil y costosa.

B. Origen de los Contaminantes de las aguas Oceánicas

Los mares poseen una gran capacidad autodepuradora, sin embargo, el vertido de enormes cantidades de contaminantes está provocando el aumento de su concentración. Los contaminantes proceden de las siguientes fuentes:

- Las aguas continentales contaminadas urbanas o industriales que descargan en el mar.
- Los contaminantes de la atmósfera, que retornan a la superficie terrestre.
- Los vertidos de petróleo procedentes de las operaciones de extracción en las plataformas petrolíferas, el trasvase, descarga y la limpieza de los barcos petroleros. Suponen un vertido de cerca de tres millones de toneladas de petróleo y dan origen junto con los accidentes de petroleros a las denominadas **mareas negras**.

Muchos de los contaminantes se concentran en la zona costera afectando a la plataforma litoral que es la zona donde mayor actividad biológica existe. Esto ocasiona una pérdida de biodiversidad y de recursos biológicos.

3.2. Tipos de contaminantes

Según su naturaleza se distinguen tres tipos de contaminantes: físicos, químicos y biológicos.

- **Contaminación física:** es la producida por los diversos agentes físicos como la temperatura o el calor, la turbidez y la radioactividad.
 - **Temperatura.** La contaminación térmica es producida por la utilización del agua de la industria como refrigerante, o en los embalses, el agua de las turbinas vertida al río posee una temperatura superior. Los efectos que producen estas variaciones de temperatura son:
 - El aumento de la temperatura reduce la cantidad de oxígeno disuelto.
 - Una variación en el ciclo vital de muchos organismos, originando la desaparición de especies adaptadas a unos límites estrechos de temperatura.
 - Aumento de la velocidad de las reacciones químicas, reduciendo la capacidad autodepuradora del agua y elevando la toxicidad de algunas sustancias.
 - **Sólidos en suspensión.** Son partículas inorgánicas como limos, arenas, lodos, etc. o partículas orgánicas como restos de animales y

vegetales que producen **turbidez** en las aguas que afecta de manera negativa a la fotosíntesis, ya que disminuye la transparencia de las aguas y con ello la entrada de la luz provocando alteraciones en las cadenas tróficas y dificultad en la movilidad y respiración de organismos acuáticos.

- **Partículas radiactivas.** Emitidas por los residuos radiactivos generados en las centrales nucleares o en los hospitales, centros de investigación, etc. que producen contaminación radiactiva. Cuando afecta a las células somáticas causa la muerte o lesiones graves como el cáncer y si es en las células germinales, mutaciones en la descendencia.
- **Contaminación química:** es la originada por sustancias químicas muy diversas: sólidas, líquidas o gaseosas, que se presentan disueltas o en suspensión. Proceden principalmente de las actividades industriales, aunque ciertas sustancias como nutrientes orgánicos, detergentes y pesticidas también tienen un origen doméstico y agrícola. Los contaminantes químicos pueden ser:

- **Inorgánicos:** como los ácidos, álcalis y distintas sales como los nitratos y los fosfatos. Como anión más tóxico destaca el cianuro, y como metales muy tóxicos el Hg, Cd, Cr, Pb... y menos tóxicos el Al o el Fe. Algunas de estas sustancias son biodegradables (nitratos y fosfatos), pero otras, como los metales pesados (Hg, Pb,...) no lo son. Por **biodegradables se entienden toda sustancia que puede ser descompuesta por organismos diversos, especialmente bacterias aerobias.**

Los **efectos** que producen estas sustancias son las variaciones en el pH y en la salinidad y la **bioacumulación**. Normalmente la mayoría de los metales son tóxicos (Hg, Pb) y causan efectos desastrosos en las comunidades. En cuanto a las sales, los nitratos y fosfatos producen la eutrofización de las aguas.

- **Orgánicos:** tales como proteínas, hidratos de carbono, aceites, grasas, ceras, alquitranes, detergentes, que son biodegradables y pesticidas y otros compuestos de síntesis química, que son poco o nada biodegradables que proceden de las aguas residuales domésticas e industriales y de las actividades agrícolas.

Los **efectos** que estas sustancias producen en las aguas son una disminución del oxígeno disuelto, al ser consumido por las bacterias en la descomposición aerobia, y la formación de sustancias indeseables por fermentación anaerobia, tales como ácidos orgánicos o gases (sulfuro de hidrógeno, metano, amoníaco, etc.) que causan malos olores. Merece especial atención la contaminación

producida por detergentes y pesticidas. Los detergentes producen espumas dificultando el intercambio de gases y reduciendo los procesos biológicos. Además contienen polifosfatos que producen **eutrofización** de las aguas. Los **pesticidas** son en muchos casos tóxicos y cuando se trata de compuestos poco degradables se van acumulando a lo largo de la cadena trófica.

- **Contaminación biológica:** se debe a la presencia de los diferentes tipos de organismos: virus, cianobacterias, algas, protozoos, hongos, presentes en las aguas residuales y de la materia orgánica en suspensión procedente de los seres vivos. Cuando existe materia orgánica en grandes cantidades, las aguas son un auténtico caldo de cultivo, lo que provoca la proliferación de organismos y, por tanto, una pérdida de calidad del agua. La contaminación por microorganismos patógenos resulta muy peligrosa pues convierte el agua en un vehículo de transmisión de múltiples enfermedades como el cólera, disentería, etc.

3.3. Parámetros para medir la calidad del agua

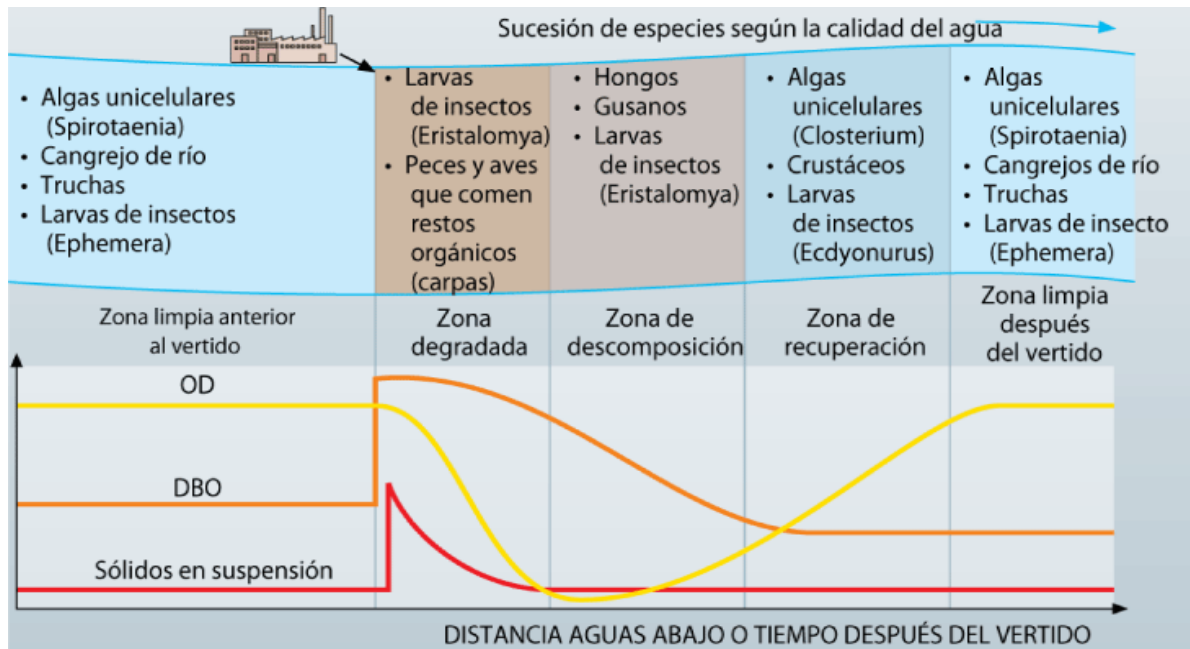
La calidad del agua se define según la Directiva Marco del agua de la UE como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que se mantenga un ecosistema equilibrado.

Para medir la calidad del agua se utilizan una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos que indican las características del agua y que la hacen apropiada o no para el uso (bebida, riego, baño,...) al que se va a destinar.

Estos parámetros son:

- **Parámetros físicos:** son los parámetros que pueden detectarse con los sentidos o parámetros organolépticos, como:
 - **La transparencia o la turbidez:** que indica la presencia de partículas sólidas en suspensión o microorganismos.
 - **El color, olor o sabor (propiedades organolépticas):** un agua coloreada y con mal olor y sabor indica la presencia de elementos extraños como materia orgánica.
 - **La conductividad eléctrica:** que depende de la cantidad de sales disueltas. Varía con la temperatura, por lo cual se expresa en relación a ella. Lo más común es su cálculo para T^o de 25° C.
 - **La temperatura:** nos indica la contaminación térmica. Así una temperatura elevada indica una aceleración de la putrefacción y una disminución de la cantidad de oxígeno disuelto y por tanto una alteración de la actividad biológica.
 - **La radioactividad:** indica contaminación radiactiva.

- **Parámetros químicos:** son los más útiles para determinar la calidad del agua. Entre ellos destacan:
- El **pH:** que indica la acidez o basicidad y que está en función de los iones H^+ presentes. Las reacciones químicas y biológicas dependen del pH. La actividad biológica normal en el agua se desarrolla a unos valores de pH entre 6 y 8,5.
 - La **dureza:** se expresa en concentración de $CaCO_3$, se debe a la presencia de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} . Supone algunos riesgos para la salud, como el aumento de cálculos renales. Además produce incrustaciones calcáreas en las instalaciones y una serie de prejuicios debido al hecho de que las aguas duras necesitan más jabón y más energía en procesos industriales. Se denominan **aguas blandas** a las que poseen una concentración menor de 50 mg/l de $CaCO_3$ y **aguas duras** (formadas en terrenos calizos) a las que tienen concentraciones superiores a 200 mg/l de $CaCO_3$. La O.M.S. recomienda que el agua de bebida mantenga unos límites de 100 a 500 mg/l de $CaCO_3$.
 - El **nitrógeno:** como amoníaco, nitritos y nitratos. La presencia de amoníaco y nitritos supone contaminación reciente en el sitio de recogida de la muestra, por ejemplo, animales muertos o vegetales en descomposición. La presencia de nitratos indica contaminación agrícola.
 - El **oxígeno disuelto (OD)** en el agua, que tiene una enorme importancia como indicador de calidad, ya que su concentración disminuye al ser utilizado para la degradación de la materia orgánica. Las aguas limpias están saturadas de O_2 pero si se contaminan con sustancias orgánicas la cantidad de O_2 disminuye al ser utilizarlo este elemento para su descomposición. Así con una cantidad de OD de 7 mg/l las aguas se consideran oxigenadas entre 3 y 5 mg/l solo pueden vivir algunos peces.
 - La **demanda biológica de oxígeno (D. B. O)**, que mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica. Se toma como referencia el D. B. O₅, que podemos definirlo como la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para degradar la materia orgánica en un volumen de agua, durante cinco días y a una temperatura de unos 30° C.
- Para que un agua pueda autodepurarse, la DO ha de ser mayor que la DBO, si no es así, el agua permanecerá contaminada.



- La **demanda química de oxígeno (D Q O)**: que mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia con un agente químico oxidante (dicromato potásico para las aguas residuales y permanganato potásico para las naturales). Se mide en miligramos por litro (mg/l).
El cociente $D B O_5 / D Q O$ indica el porcentaje de sustancias biodegradables que existen en el agua.
 - El **carbono orgánico total (C O T)**, que mide el contenido de carbono de los compuestos orgánicos, se halla por incineración de la muestra de agua.
Este parámetro, junto con la D B O y D Q O, es importante a la hora de determinar la contaminación orgánica de las aguas.
 - El **cloro y ozono** residuales: gases utilizados en la desinfección. Una proporción de cloro insuficiente, supone una esterilización deficiente; en cambio si existe demasiado cloro, el agua tendrá un sabor desagradable y /o dañará los ojos.
- **Parámetros biológicos:** que indican la cantidad y especies de microorganismos en el agua. Los más importantes son las bacterias coliformes, estreptococos fecales y los clostridios sulforreductores. Los coliformes y los estreptococos fecales, son gérmenes en principio inofensivos, que se hallan en el intestino de los seres humanos y de los animales. Sin embargo, su presencia en el agua indica contaminación fecal reciente, que normalmente está asociado por la presencia de gérmenes patógenos.

Los análisis físico-químicos y bacteriológicos facilitan una información de la calidad del agua en el momento de la toma de la muestra, el análisis de "Saprobios" (organismos que se alimentan de materia orgánica), proporciona una información más real del grado de contaminación. Estos organismos acuáticos toleran distintas concentraciones de materia orgánica por lo que son indicadores biológicos del grado de contaminación. Así los **polisaprobios** toleran elevadas concentraciones de materia orgánica por lo que son característicos de aguas muy contaminadas. Los **mesosaprobios** toleran concentraciones medias y los **oligosaprobios**, concentraciones muy bajas, como las de las aguas limpias, son pues característicos de aguas no contaminadas.

Los indicadores biológicos pueden ser organismos de gran tamaño como peces y mamíferos, o bien de pequeño tamaño como insectos y microorganismos como bacterias que nos indican contaminación fecal (*Salmonella*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*) que permite clasificar un agua de consumo como potable o no potable.

Índices compuestos

Para obtener una valoración general de la calidad del agua se utilizan **índices compuestos** que miden parámetros biológicos, físicos y químicos, clasificando el agua según el grado de contaminación en: agua sin contaminación, contaminación ligera, moderada, fuerte o muy fuerte.

3.4. Efectos de la contaminación del agua

A. Contaminación de los ríos. Autodepuración.

Aunque los ríos tienen una importante capacidad de autodepuración, no pueden asumir esta elevada cantidad de contaminantes. Las consecuencias de esta contaminación son:

- Restricciones de los usos del agua.
- Alteraciones de la flora y la fauna acuática, con disminución de la biodiversidad.
- Aspecto y olor desagradable.

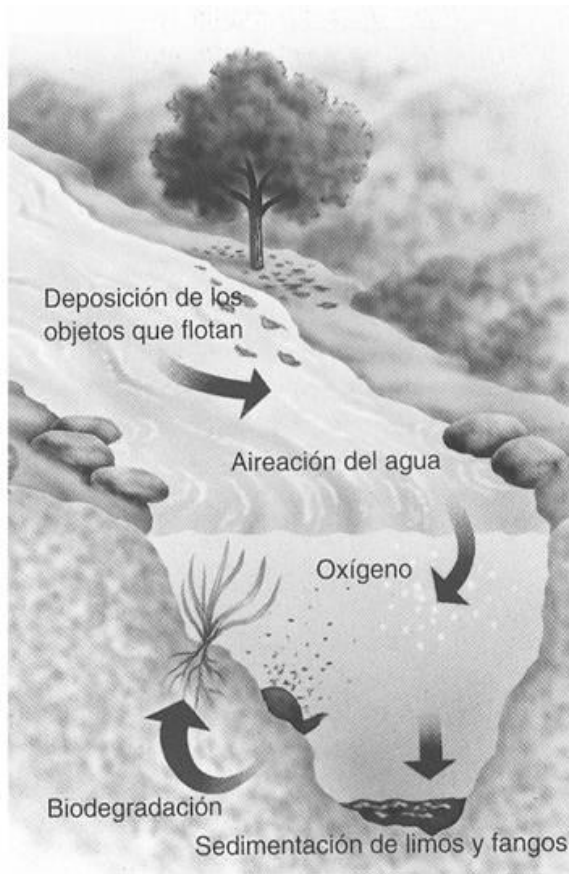
La contaminación fluvial no es algo irreversible debido a la capacidad de **autodepuración** de los ríos que es un proceso que hace que aguas abajo del punto en donde se ha producido un vertido y pasado un tiempo en el mismo punto del vertido, el agua vuelva a tener las mismas características que poseía antes del vertido. Se suelen distinguir varias fases.

1. Los restos de los seres vivos, vegetales y animales, sirven de alimento a algunos animales o bien se descomponen por la acción de las bacterias y hongos. Este proceso se denomina **biodegradación** (oxidación por los microorganismos). Los productos que se obtienen por la acción de las bacterias y hongos descomponedores son utilizados por las plantas como nutrientes. Además el movimiento de las aguas facilita la entrada en el agua del oxígeno de la atmósfera. Este movimiento también dificulta la acumulación de materia orgánica.
2. Las sustancias solubles, se van diluyendo.
3. Cuando la velocidad de las aguas disminuye, los limos y los fangos (materiales en suspensión), sedimentan en el fondo, mientras que las partículas que flotan se depositan en los márgenes.

En un ecosistema bien conservado existe un equilibrio entre las sustancias que lo contaminan y la capacidad de limpieza que posee.

B. Contaminación de los lagos.

Los lagos debido a la casi inmovilidad del agua tienen una capacidad de autodepuración menor que los ríos convirtiéndose en algunos casos en almacenes de residuos. Además pueden sufrir el proceso de **eutrofización** por un exceso de nutrientes provocando la degradación del ecosistema con cambios drásticos en la fauna y en la flora. Veamos en detalle en qué consiste este proceso:



Se produce principalmente en lagos y embalses, aunque también se da en los ríos de régimen lento e incluso en algunas aguas litorales (zonas portuarias). Es debido a un exceso de nutrientes (de ahí el nombre de eutrofización



del griego eutros = alimentación), en concreto de fósforo y nitrógeno, especialmente el primero por su carácter limitante para los vegetales. La eutrofización de los lagos es un hecho natural. Sin embargo, afecta últimamente a muchos embalses y lagos debido a la denominada **eutrofización** cultural o por fertilización; o sea la provocada por el abuso de fertilizantes (nitratos y fosfatos) cuyos excedentes son arrastrados por la lluvia, y el excesivo consumo de detergentes con fosfatos, vertidos por las aguas residuales a los cauces.

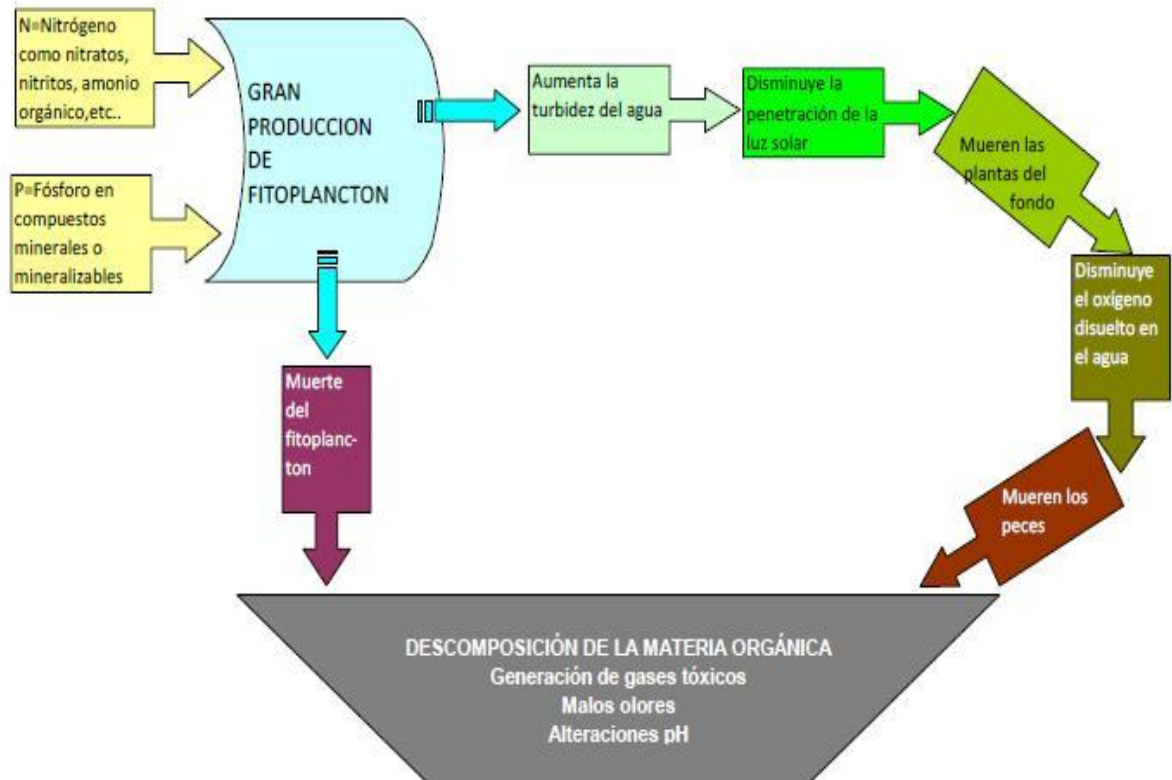
En este proceso podemos diferenciar tres etapas:

- **Proliferación del fitoplancton:** el exceso de nitratos y fosfatos favorece un rápido y excesivo crecimiento de las algas y plantas acuáticas. El agua adquiriendo una coloración verdosa, amarillenta o pardusca, que impide que la luz solar alcance mayor profundidad.
- **Degradación aerobia** de la materia orgánica: la disminución de la luz provoca la muerte de los organismos fotosintéticos y la consiguiente acumulación de materia orgánica en los fondos, esta materia es descompuesta por las bacterias aerobias que consumen grandes cantidades de oxígeno, dándose situaciones de anoxia. Al escasear el oxígeno empiezan a morir las poblaciones animales.
- **Degradación anaerobia** de la materia orgánica: se desarrollan las bacterias anaerobias que fermentan la materia orgánica presente y desprenden sustancias como H_2S , NH_3 , CH_4 que proporcionan mal olor y sabor a las aguas. Así aparecen las aguas eutrofizadas: estancadas, coloreadas y con malos olores.

ESQUEMA DE EUTROFIZACIÓN DE UN LAGO

Exceso de entrada de nutrientes N y P

Del Águila



Medidas de prevención y corrección:

Para evitar la eutrofización hay que tomar las siguientes medidas:

- Reducir el aporte de nutrientes en especial fósforo, usando detergentes sin fosfatos y moderando la utilización de fertilizantes.
- Limitar vertidos urbanos y agrícolas a medios acuáticos de escasa dinámica.
- Depurar las aguas residuales de origen doméstico e industrial.
- Inyección de oxígeno puro a los lagos afectados.

C. Contaminación de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas tienen actualmente tres problemas: la contaminación, la sobreexplotación y la salinización.

- La **contaminación** de las aguas subterráneas puede ser **puntual** con un foco localizado que afecta a una zona muy concreta o **difusa** que afecta a una zona más amplia como es el caso de los fertilizantes en agricultura.

El origen de los contaminantes subterráneos son: residuos sólidos urbanos, procedentes del lixiviado e infiltración del agua de lluvia, actividades agrícolas, que aportan restos de fertilizantes y de plaguicidas, ganadería, actividades industriales que pueden verter líquidos, actividades mineras, el agua procedente del tratamiento del mineral suele contener metales pesados tóxicos (Pb, Cu,...)

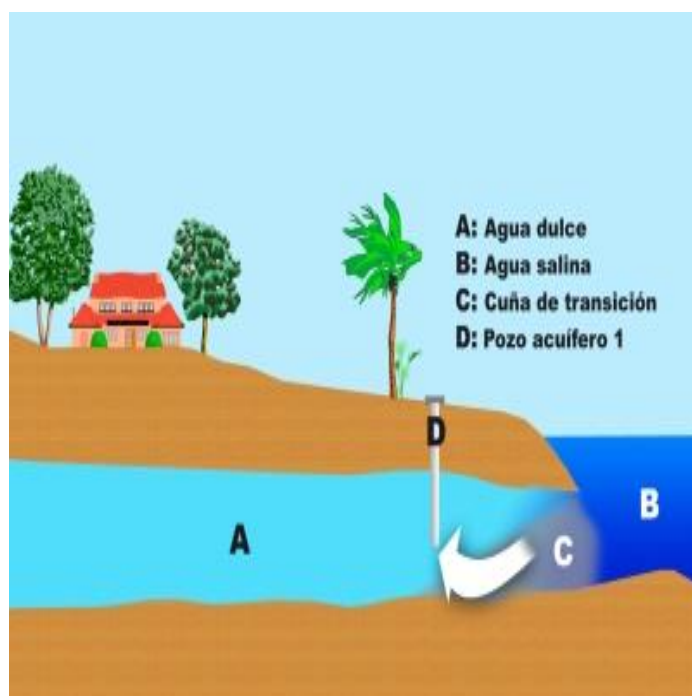
- La **sobreexplotación** de los acuíferos ocurre cuando se extrae agua en cantidad superior a su velocidad de recarga provocando un descenso del nivel freático. En los acuíferos costeros, se produce el fenómeno de la **intrusión salina**, según la cual, el agua salada debido a su mayor densidad invade el espacio del acuífero y origina un desplazamiento del agua dulce del acuífero por el agua salada, produciéndose una **salinización** del agua subterráneo.

La concentración de sales inutiliza el uso de esta agua para uso doméstico y para la agricultura. En España es frecuente en las Islas (Baleares y Canarias) y el litoral mediterráneo (Huelva, Cádiz) y se debe a la demanda de agua para uso doméstico ya que son zonas turísticas, usos agrícolas y la demanda industrial.

Otro de los problemas generados por la sobreexplotación de los acuíferos es la compresión de los suelos, que provoca el hundimiento del terreno (subsistencia).

Medidas preventivas:

1. Ordenación del territorio.
2. Control de vertidos en fábricas, granjas,..
3. Instalación de depuradoras en estas actividades.
4. Reducción del uso de fertilizantes en agricultura.
5. Evitar uso de herbicidas, plaguicidas,... en agricultura.
6. Control de la sobreexplotación de acuíferos. (regular



actividades de demanda de agua, riegos,...).

Medidas correctoras (muy caras, poco factibles).

1. Inyección de aguas depuradas.

Conclusión:

La contaminación de las aguas continentales causa problemas, los podemos resumir:

- Pérdida de calidad de las aguas, que puede suponer un riesgo para la salud humana.
- Alteraciones en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos: la biocenosis de los ecosistemas se ve seriamente afectada.
- Reducción de la capacidad recreativa y del valor estético del medio.
- El fenómeno de la **EUTROFIZACIÓN**.

E. Contaminación de los mares y océanos

Aunque los mares poseen una gran capacidad autodepuradora, las sustancias tóxicas que se vierten a ellos no tienen a donde ir, este es su último sumidero, con lo cual va aumentando su concentración. A veces sus efectos se manifiestan de manera inmediata, como sucede con los productos petrolíferos, pero en otras es más a largo plazo, como ocurre con productos químicos que son acumulativos a lo largo de la cadena trófica. Las grandes cantidades de **plástico** echadas al mar son las responsables de la muerte de muchas focas, ballenas, delfines, tortugas, y aves marinas, que quedan atrapadas en ellas o se las comen.

Entre los contaminantes merece una especial atención los hidrocarburos ya que la magnitud del impacto ambiental de los vertidos de petróleo es enorme.



Efectos de las mareas negras sobre los seres vivos son:

- Disminución en el desarrollo del fitoplancton, lo que afecta a las cadenas tróficas, ya que la mancha de petróleo impide la penetración de la luz, y en consecuencia se inhibe la fotosíntesis.
- Dificulta el intercambio de gases entre la atmósfera y el mar, con lo cual el oxígeno disuelto procedente de la fotosíntesis o de la atmósfera disminuye causando la muerte de un gran número de organismos.

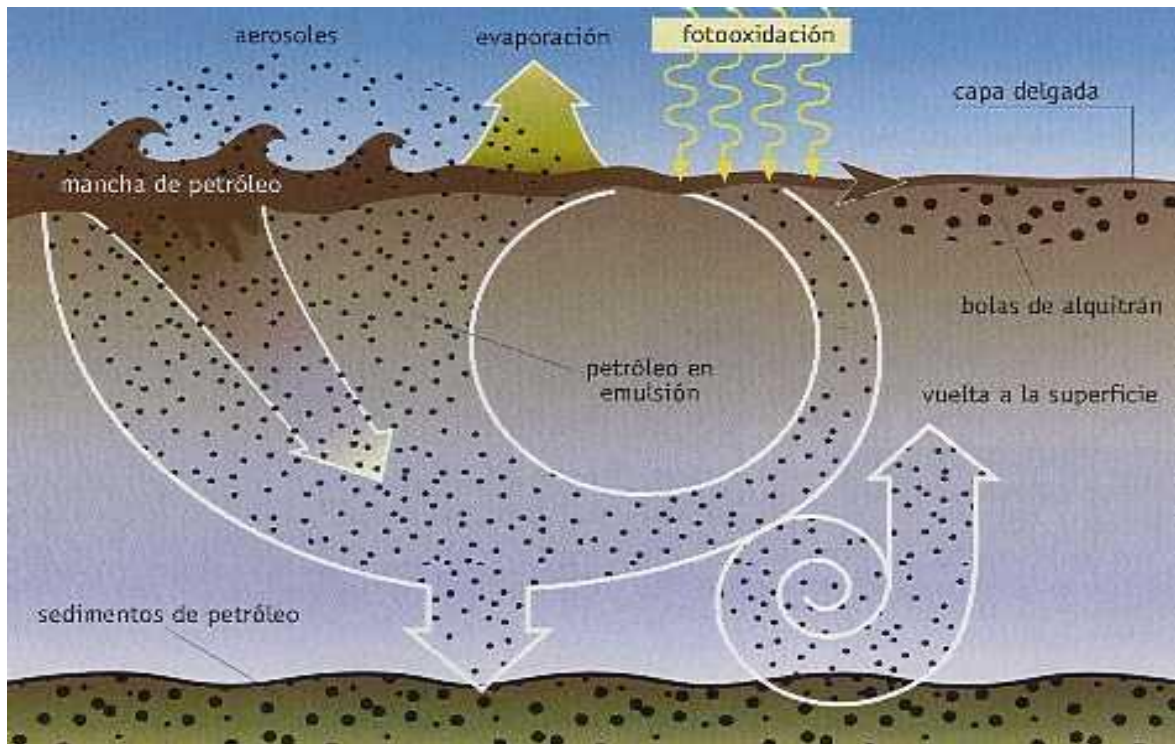
- Por otra parte, numerosas aves marinas, peces, etc. quedan intoxicados o mueren por hundimiento, al perder flotabilidad, por la ingestión de petróleo que obstruye los conductos digestivos, o al no poder desplazarse por estar impregnados.

Estos efectos no son siempre de la misma magnitud, varían en función de diversos factores, como el tipo de petróleo (crudo o refinado...), la temperatura de las aguas, la cantidad del vertido, la distancia a la costa y la dirección del viento y las corrientes. En todo caso el tiempo que permanece el petróleo en las aguas dependerá fundamentalmente de la cantidad de volátiles; cuanto mayor sea su concentración más rápida será la evaporación, aunque en la eliminación natural del petróleo intervienen otros procesos.

A los efectos sobre los s. v. hay que añadir las pérdidas económicas al disminuir la pesca y el turismo. También la pérdida de lugares de gran interés ecológico y paisajístico.

La limpieza del agua se realiza de forma natural y de forma artificial.

- La **limpieza natural**: el petróleo sufre una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que permiten su eliminación. Los volátiles se evaporan y en la atmósfera se oxidan formando agua y CO_2 , pequeñas partículas de petróleo pueden pasar a la atmósfera como aerosol marino. El petróleo que permanece en la superficie sufre una **fotooxidación**, se disuelve, o se emulsiona, mientras que los productos más densos o pesados (aceites y alquitrán) se depositan en los fondos marinos donde se desplazan hacia zonas más profundas originando depósitos geoquímicos. Puede suceder no obstante que parte del petróleo retorne a la superficie por depósito de las partículas de aerosol o bien desde las profundidades debido a los movimientos del fondo del mar.



- La **eliminación artificial** de las mareas negras se realiza mediante diversos procedimientos.
 - **Contención y recogida**

Siempre que sea posible, la contención de crudo en el agua será una de las primeras operaciones que se realizarán, por su inocuidad, puesto que no causan daños, y porque impiden que la marea negra se propague a otras zonas. La contención consiste en rodear la marea negra, por lo general con barreras flotantes o cercos. Más tarde se procede a la recogida del petróleo mediante sistemas de succión (raseras o espumaderas).



- **Dispersantes**

Los dispersantes químicos rompen los hidrocarburos en partículas más pequeñas. Son mezclas que contienen tensioactivos (como los detergentes), para reducir la tensión entre las superficies de las

láminas de hidrocarburo y de agua. Estos agentes dispersantes, lo que producen es que la concentración de hidrocarburos en la columna de agua vuelva a estar en unos niveles aceptables.

- **Incineración**

La incineración del petróleo es otra de las formas de eliminación del crudo. Se puede eliminar hasta un 95% del vertido total. Los efectos negativos de esta técnica es el humo negro que se produce, pues contaminará el aire.



- **Biodegradación o Biorremediación**

Existen microorganismos capaces de utilizar los hidrocarburos como fuente de carbono (alimento). Como subproductos generan compuestos no tóxicos.

Este método es lento y complejo, todavía se sigue experimentando con él.

Existen dos opciones a la hora de utilizar esta técnica:

1. Inoculación o siembra de bacterias petroleolíticas preparadas de forma industrial.
2. Potenciación de las poblaciones autóctonas.

Medidas preventivas:

1. Reglamentos y leyes internacionales.
2. Buques de doble casco.
3. Reglamentos de transporte de sustancias tóxicas y peligrosas.
4. Distancias de navegación a la costa.

Medidas correctoras:

1. Limpieza del crudo por los diferentes métodos ya expuestos.
2. Limpieza de playas y costas.



3.5. Otros impactos sobre los recursos hídricos

Las construcciones destinadas a la utilización del agua para las distintas actividades humanas provocan una serie de impactos sobre la hidrosfera y el medio ambiente en general. Los principales impactos, además de la contaminación son las **grandes obras públicas**.

La construcción de grandes estructuras (presas y canales) implica una alteración de los procesos naturales de erosión y sedimentación, provocando una serie de impactos.

A. Presas

Los materiales que transportan los ríos quedan retenidos en las presas donde se acumulan. Este proceso se denomina **aterramiento**. Las aguas que parten de las presas transportan menor cantidad de materiales, por lo que existe un aporte menor de sedimentos y como consecuencia el **retroceso de los deltas**. Las presas provocan también la **eutrofización** de las aguas y **variaciones en el nivel freático** del agua subterránea. Muchas veces las presas se **colmatan** de sedimentos, lo que dificulta su funcionalidad. Al cambiar la dinámica del río, al variar el caudal, se verá afectada la fauna que vive en él y también el bosque de ribera. Ya se citó anteriormente los impactos sociales y paisajísticos al inundar grandes áreas de terreno.

B. Rectificado y canalización de los ríos.

- El **rectificado de meandros**, aumenta la pendiente, aumentando la velocidad del agua y su poder erosivo, lo que provoca a su vez cambios en el ecosistema fluvial y un **ensanchamiento del cauce**, con la consiguiente destrucción de los ecosistemas de ribera.

- La **canalización** también produce cambios, reduciendo la biodiversidad y degradando estéticamente el río y la infiltración de agua.

C. Trasvases

La transferencia de agua entre cuencas hidrográficas produce los siguientes impactos:

- **Alteraciones de los caudales** entre ambas cuencas, que pueden producir alteraciones en los ecosistemas respectivos.
- **Dispersión de especies** de la cuenca donante hacia la cuenca receptora, pudiéndose producir en ésta cambios en su biocenosis.
- **Conflictos sociales** entre las regiones implicadas en el trasvase.
- **Menor aporte de sedimentos** en la desembocadura del río provocando variaciones en los ecosistemas costeros, así como una regresión de los deltas.

3.5. Control de la calidad del agua (medidas generales de prevención y corrección).

1. Preventivas:

- sistemas de redes de control en la cuenca hidrográfica, mediante análisis continuos del agua y comunicaciones por satélite.
- Planificación hidrológica y zonas de protección. Ordenación del territorio.
- EIA: Estudio del impacto sobre la calidad del agua de los posibles proyectos a realizar en un área.

2. Correctoras:

- Concesiones de vertidos, mediante canon (pago de una tasa establecida).
- Instalación de depuradoras en los puntos de vertidos.
- Sanciones o multas a vertidos ilegales.

4. LA GESTIÓN DEL AGUA. PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

4.1. El tratamiento del agua: El ciclo urbano del agua

El agua que se utiliza en las poblaciones recorre un ciclo: se toma del medio natural y, una vez usada y depurada, se reintegra de nuevo al medio.

En el ciclo urbano diferenciamos tres fases: captación, potabilización y depuración.

A. Captación

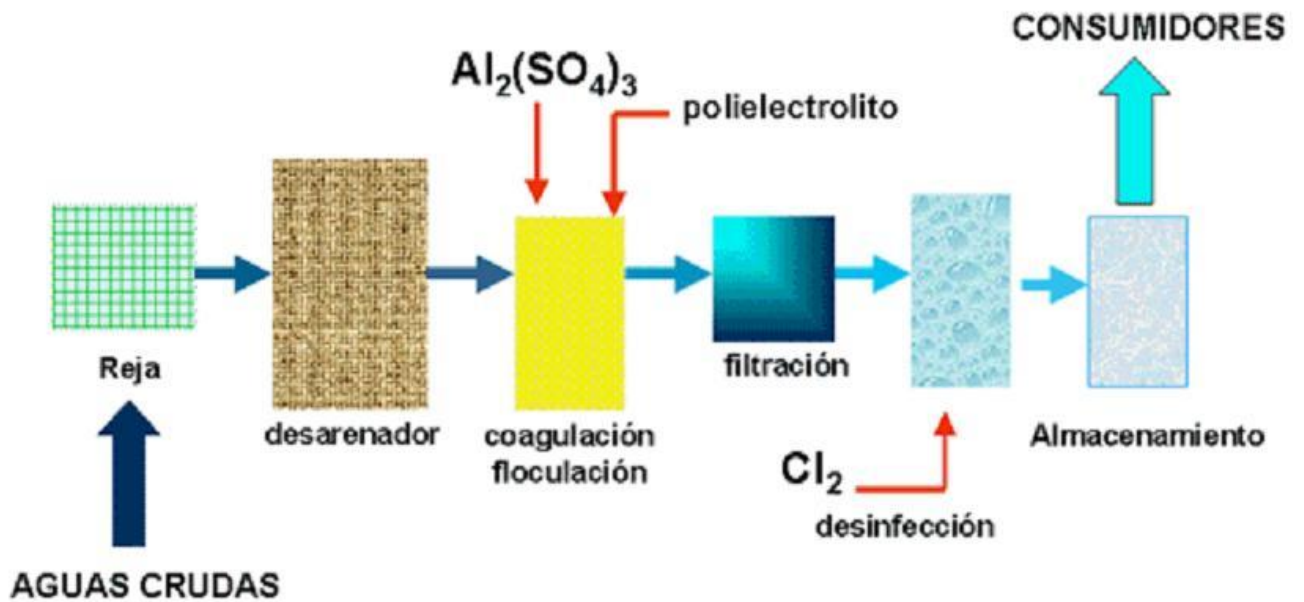
En los proyectos de captación deben existir las siguientes prioridades:

- Elegir acuíferos con recursos superiores a las necesidades de la población.
- Que las aguas sean de la mejor calidad.
- Localizar el lugar de captación lo más cercano posible al punto de destino del agua.

B. Potabilización

La potabilización del agua se realiza en Estaciones de tratamiento de Aguas Potables (ETAP). La finalidad del proceso es conseguir buenas características organolépticas y ausencia de riesgos sanitarios (sustancias tóxicas, microorg. patógenos) para la población, es decir, que sea apta para consumo humano. Consta de varias etapas:

1. **Desbaste:** para la eliminación de objetos sólidos gruesos, hojas, plásticos,... mediante la utilización de rejillas de diferente abertura.
2. **Desinfección y coagulación:**
 - **Precloración:** se añade un compuesto de Cl (similar a lejía) para destruir a los microorganismos.
 - **Coagulación:** se añade un compuesto químico (sulfato de alúmina) que hace que coagule la materia en suspensión (partículas muy finas) y así ayudar a la precipitación. Este proceso elimina la turbidez.
3. **Decantación y floculación:**
 - **Decantación:** de partículas en suspensión. Se consigue manteniendo el agua en reposo, las partículas caen por su propio peso.
 - **Floculación:** añadiendo floculantes que aglutinan las partículas pequeñas para que precipiten en forma de fangos. Los fangos que se van formando se eliminan periódicamente.
4. **Filtrado:** El agua se hace pasar por lechos de arena, se airea para eliminar los gases que pudiera contener y mejorar las características organolépticas. También se ajusta el pH y la dureza.
5. **Desinfección final:** Se realiza con cloro o hipoclorito, más barato y fácil de aplicar. A veces se sustituye la cloración con tratamientos con ozono o radiaciones UV. Son procedimientos más caros pero evitan los efectos negativos del Cl, como su olor.



C. Depuración

Los procesos de depuración rebajan las contaminaciones fuertes del agua "usada" con el fin refacilitar la autodepuración, reutilizar las aguas residuales en regadíos y favorecer la potabilización evitando riesgos para la salud.

Se diferencian dos grupos de sistemas depurativos: de bajo coste y convencionales. En ambos casos se realiza por la actividad metabólica de microorganismos.

Sistemas depurativos de bajo coste

El más importante es el sistema de **lagunaje múltiple** que reproduce la transformación que el agua experimenta en el medio natural mediante su retención en lagunas artificiales. Tiene buenos rendimientos a un coste mínimo, pero ocupa extensos terrenos, por lo que solo se utiliza en poblaciones pequeñas.

El proceso comprende 4 fases:

6. Tamizado mediante filtros para eliminar los objetos flotantes y de gran tamaño-
7. Tratamiento anaeróbico en lagunas profundas durante un corto tiempo para hidrolizar las moléculas orgánicas en otras más pequeñas.

8. Tratamiento facultativo en lagunas de gran extensión durante 45 días.

9. Tratamiento aeróbico.

El agua va pasando por gravedad de una fase a la siguiente, transformándose sin gasto de energía y con un mínimo mantenimiento de las instalaciones.

Sistemas depurativos convencionales

Las depuradoras convencionales llamadas de alto coste porque requieren altas inversiones son eficaces para limpiar el agua procedente de medianas y grandes poblaciones. Son sistemas que depuran mediante la actividad metabólica de microorganismos (fangos o lodos activos).

Existen varias modalidades pero en todas se diferencian tres líneas para el tratamiento: de agua, de fangos y de gases.

La depuración del agua se realiza en las **Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales** (EDAR) tiene por objeto eliminar o reducir los contaminantes para preservar el medio ambiente, de modo que se le devuelve al agua sus características naturales. Las estaciones depuradoras de agua residuales hacen circular las aguas por una serie de compartimentos, en cada uno de los cuales tiene lugar un proceso diferente. A estos procesos se les denomina tratamientos, y un proceso de aguas residuales suele incluir cuatro: Pretratamiento, Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario, Tratamiento Terciario.

Línea de tratamiento de agua.

- **Pretratamiento:** (elimina los sólidos en suspensión o flotación de gran tamaño) se producen el desbaste o extracción de residuos gruesos, mediante rejas y tamices, el desarenado y desengrasado mediante chorros de aire.
- **Tratamiento Primario:** (elimina sólidos en suspensión de menor tamaño) el objetivo del tratamiento primario es reducir el contenido de sólidos en suspensión del agua residual por **sedimentación o decantación** en grandes balsas. Se puede mejorar con flocculantes o coagulantes.
- **Tratamiento secundario o biológico:** (elimina materia orgánica y microorganismos) se elimina la materia orgánica mediante el metabolismo de microorganismos aerobios, oxidan la m. o. en cubas en presencia de O_2 . Por decantación secundaria se recogen los fangos, son lodos orgánicos con capacidad depuradora.

- **Tratamiento terciario:** se eliminan patógenos (por ejemplo mediante cloración), metales pesados, fosfatos y nitratos mediante técnicas avanzadas y caras. Este tratamiento se realiza solo si el agua va a volver a ser utilizada.

El producto final principal es el agua depurada que se incorpora a los cauces, pero también se producen otras sustancias principalmente fangos ricos en materia orgánica que se producen en las sucesivas decantaciones y en el tratamiento biológico y el biogás.

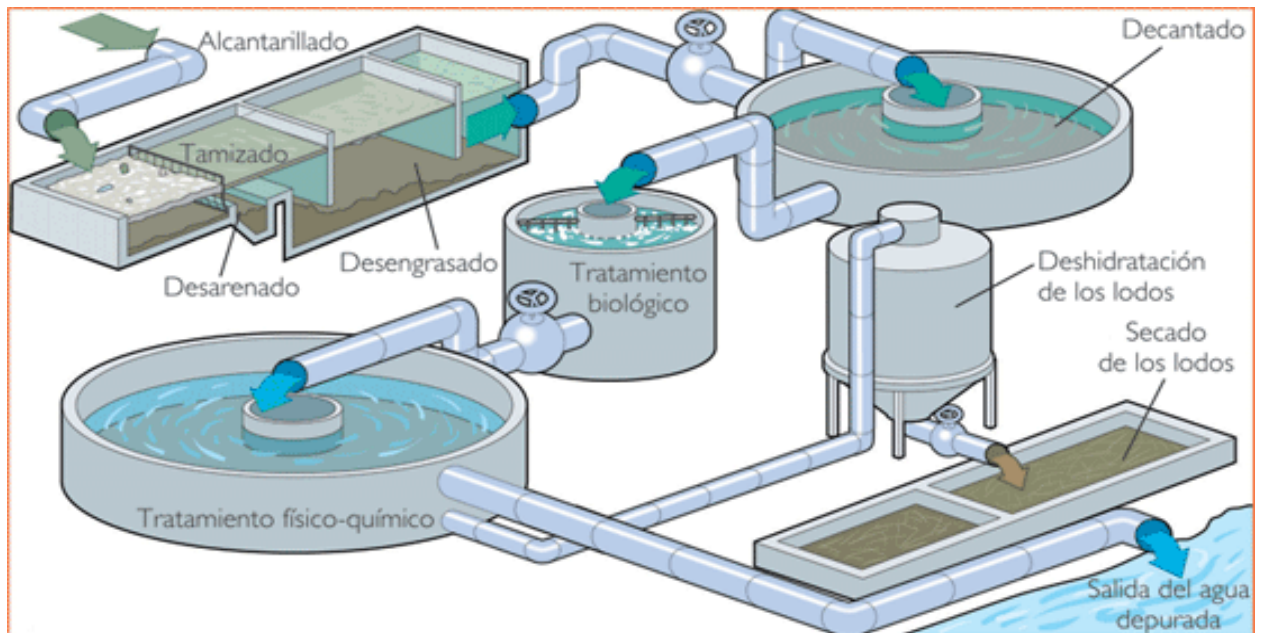
Línea de tratamiento de fangos:

1. Espesamiento: eliminación de agua y disminución del volumen.
2. Digestor cerrado (sin oxígeno, condiciones anaerobias). Se obtiene biogás, mezcla de metano, CO_2 y vapor de agua.
3. "Secado y planchado" de los lodos en rodillos. Las "tortas" se llevan a un contenedor y de ahí se destinan al uso en parques y jardines como fertilizante o en la fabricación de compost, también pueden incinerarse para obtener energía, o simplemente ir a parar al vertedero.

Línea de gas-energía:

El biogás obtenido se almacena en un gasómetro, de ahí puede ser utilizado para:

- Quemarlo en una antorcha.
- Calentar el digestor.
- Producir energía.



4.2. Gestión del agua

El progresivo incremento de la demanda se traduce normalmente en un aumento de la extracción del agua, tanto subterránea como superficial. Esto hace que sea necesario gestionar mejor los recursos hídricos disponibles y tratar de incrementarlos, y a su vez estar atentos a los efectos ambientales que dicha explotación creciente puede originar.

La **gestión del agua** corresponde a las diferentes administraciones y debe tender a conseguir los siguientes objetivos:

- Inventario de los recursos disponibles.
- Uso sostenibles del recurso: No permitir que el consumo de agua supere la recarga natural durante largos períodos de tiempo.
- Ordenar los usos del agua para conseguir un reparto racional y solidario del agua disponible.
- Mejorar la eficacia en el uso del agua.
- Controlar la contaminación.
- Incrementar los recursos hídricos mediante obras públicas e incentivando la reutilización y el reciclaje del agua.
- Incentivar el ahorro.
- Almacenar y distribuir el agua con la calidad precisa.

Estos objetivos se pueden conseguir con un gran número de medidas, que se pueden agrupar en tres tipos:

4.2.1. Soluciones de carácter general

Tienen como objetivo la reducción del consumo a través de la utilización más eficiente y racional del agua. Destacan:

Reducción del consumo urbano y doméstico

- Instalaciones y electrodomésticos de **bajo consumo** de agua.
- **Reutilización** del agua doméstica residual, previa depuración, para la limpieza de calles y riego de parques y jardines.
- Utilización en parques y jardines de **plantas y arbustos autóctonos** resistentes a la sequía.
- **Educación ambiental** de los ciudadanos a través de la escuela, de los medios de comunicación.
- **Medidas para ahorrar** agua doméstica como: Cerrar el grifo mientras nos lavamos los dientes; se ahorran unos 14 litro. Arreglar los grifos que gotean y las cisternas que no cierran bien; un grifo que gotea pierde hasta 30 litros al día y un hilo continuo hasta 100 litro cada día. Ducharse en lugar de bañarse; en una ducha se gastan 70 litros, mientras que en un baño hasta 200 litros. Poner un dosificador o una botella en la cisterna; se ahorran unos 10 litros por desagüe. Evitar las instalaciones de piscinas y campos de golf en escasez de agua.
- Fijación de **precios** del agua más acordes con su verdadero coste, incluyendo, si es preciso, el pago de los cánones previstos en la ley. La creencia errónea de que el bajo precio del agua, equivale a la sobreabundancia, favorece al despilfarro. En España el precio del

agua es de los más bajos de la Unión Europea. El gasto medio de cada español fue de 0,16 € al día, aunque hay grandes diferencias entre las distintas comunidades.

Reducción del consumo agrícola

- Mejorar las redes y canales de distribución.
- Utilización de sistemas de riego más eficientes (riego por goteo).
- Cultivar las plantas más apropiadas a cada zona.
- Uso racional de abonos y pesticidas, evitando la contaminación de las aguas.
- Control en los suministros de agua y establecimiento de tarifas agrícolas que eviten el despilfarro, con el pago, si es preciso, de los correspondientes cánones.

Reducción del Consumo en la industria

- Reciclado del agua que se emplea en refrigeración mediante circuitos cerrados.
- Evitar la contaminación del agua que evita su uso posterior.
- Depuración de las aguas residuales.
- Empleo de tecnología que reduzca el consumo de agua y dep
- Incentivar económicamente a las empresas que reduzcan su consumo.
- Pago de cánones por vertidos, por uso de infraestructuras,...

4.2.2. Soluciones de carácter técnico

Tienen como objetivo, por un lado, regular, mantener y distribuir los recursos hídricos disponibles y, por otro, incrementar el reciclaje y reutilización del agua.

Normalmente consisten en intervenir en alguna de las fases del ciclo hidrológico, mediante grandes obras o emplazando tecnologías muy costosas que tratan de retener el agua en la superficie de los continentes, impedir la evaporación continental o favorecer la precipitación en los continentes.

Entre otras podemos considerar:

- La **construcción de embalses y presas**. Retienen el agua de los ríos para: el abastecimiento de la población, la industria y las explotaciones agrícolas; producción de electricidad; para usos recreativos y de ocio. La construcción de presas es frecuente en los países de clima mediterráneo en los que existe una estación seca (verano), permiten mantener el abastecimiento de agua a la población. En las estaciones lluviosas (primavera y otoño), las lluvias torrenciales suelen provocar fuertes crecidas en los ríos, que en ocasiones causan inundaciones en las zonas adyacentes, y las presas retienen el agua, evitando las crecidas y las inundaciones.

- Los **trasvases y canales**. Son conducciones de agua. Los **canales** se utilizan para llevar agua desde el punto de extracción o almacenamiento hasta el lugar de su uso. Los **trasvases** se utilizan para transportar el agua desde una cuenca hidrográfica con excedentes de agua a otra con déficit. El impacto en el paisaje de estas conducciones es muy elevado y además está provocando tensiones entre comunidades autónomas.
- **Rectificación y canalización de ríos**: Son modificaciones del curso de un río para controlar inundaciones, drenar tierras próximas, facilitar la navegación o evitar la erosión.
- **La desalinización o desalación del agua del mar**: Se trata de obtener agua potable o para uso agrícola a partir del agua del mar. Consiste en eliminar el exceso de sales y se realiza en plantas desalinizadoras, en zonas próximas al mar y que padecen escasez de agua dulce. Hay dos grandes técnicas:

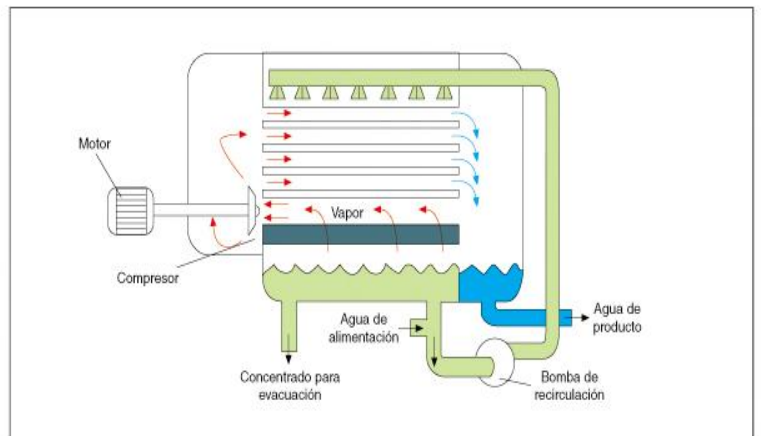


Fig. 12.21. Desalación mediante la compresión de vapor.

. **La destilación térmica**: Se realiza mediante evaporación del agua del mar y su posterior conversión en agua dulce por condensación. El agua que se obtiene es agua pura y es necesario añadirle ciertas sales para hacerla potable, además hay que rectificar la acidez y la dureza.

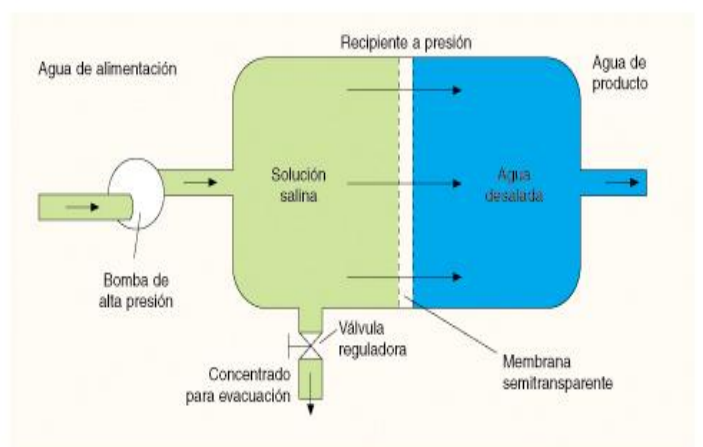
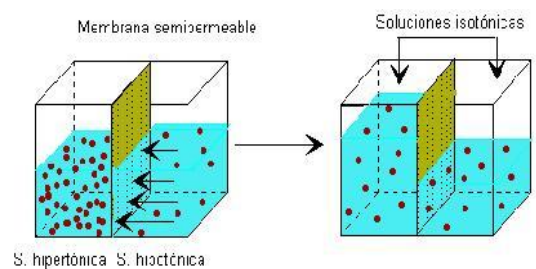


Fig. 12.23. Desalación mediante ósmosis inversa.

. Filtración mediante membranas u **ósmosis inversa**, está basado en los procesos de ósmosis. La separación del agua y la sal se realiza a través de membranas semipermeables



que permiten el paso de agua pero invirtiendo el proceso de ósmosis natural, es decir, se aplica una presión superior a la presión osmótica que comprime contra la membrana semipermeable el agua salada haciendo que el agua pase hacia el otro lado de la membrana obteniéndose agua dulce.

- **Depuración de aguas residuales:** Tiene por objeto la restitución del estado natural de las aguas resultantes de la actividad humana antes de ser devueltas al medio o de ser utilizadas de nuevo.
- **Control de la explotación de los acuíferos:** Se trata de efectuar una explotación sostenible de los acuíferos, evitando la sobreexplotación ya que ésta supone la extracción de cantidades de agua mayores que los aportes que se destinan a diferentes usos, sobre todo al uso agrícola en épocas de escasez de agua y puede llevar a su agotamiento. El agotamiento de un acuífero repercute en el caudal de la cuenca hidrográfica, haciendo descender el caudal de los ríos de la zonas, afecta al nivel freático, pudiendo desecarse zonas húmedas y si los acuíferos están en zonas costeras, la sobreexplotación puede originar que el acuífero sea invadido por el agua del mar produciéndose la salinización del acuífero. También pueden ocurrir procesos de hundimiento del terreno.
- **Lluvia artificial:** Consiste en provocar el crecimiento de las gotas de agua hasta tamaños suficientes para caer. Hasta ahora, las técnicas disponibles no han dado resultados satisfactorios.
- **Cobertura de embalses:** Para evitar la evaporación.

4.2.3. Soluciones de carácter político

La preocupación por la escasez del agua ha llevado a los organismos internacionales a promover conferencias y seminarios, así como acuerdos y compromisos necesarios para tratar de conseguir la conservación y gestión adecuada de los recursos hídricos.

- En 1968 en Estrasburgo el Consejo de Europa promulga la **Carta Europea del agua** con el objetivo de concienciar a los ciudadanos europeos frente al problema de la escasez de agua.
- En 1992 en Río Janeiro, la Conferencia elabora la **Agenda 21** que pretende ser el punto de partida para lograr un **uso sostenible del agua**, indicando que es necesaria una protección y distribución de los recursos hídricos. Propone que todos los países han de tener para el

año 2000 programas de control de los sistemas de desagüe y de los residuos industriales vertidos al agua, incluyendo tratamientos para su reducción así como aplicación de tecnologías de reciclaje, empleo de agua reciclada para agricultura, racionalizar el uso de pesticidas, herbicidas y nitratos así como preservar los acuíferos de la contaminación marina.

- Cada país debe tener una legislación que regule el consumo y gestión del agua.

4.3. MARCO LEGAL EN ESPAÑA. LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

La gestión de las aguas continentales está regulada por la **Ley de Aguas** que establece el dominio público hidráulico del Estado, todas las aguas continentales, superficiales y subterráneas, los cauces, lechos de lagos y lagunas, y embalses superficiales, estando todas sometidas a la planificación del Estado, al igual que los terrenos que las rodean, permitiendo de esta manera la gestión integral del recurso. Dicha gestión se realizará mediante la **Planificación hidrológica** que tendrá por objetivos generales conseguir una mejor satisfacción de las **demandas de agua**, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su **calidad**, **economizando** su empleo y **racionalizando** sus usos. La planificación se realizará mediante los Planes Hidrológicos de Cuenca y el Plan Hidrológico Nacional.

- Los **Planes Hidrológicos de Cuenca** son los instrumentos de gestión del agua en cada cuenca hidrológica
- El **Plan Hidrológico Nacional (PHN)** tiene que coordinar los diferentes Planes de Cuenca. Es responsabilidad de la administración central.

El PHN tiene como objetivos gestionar y satisfacer las demandas de agua mediante un aprovechamiento sostenible y equitativo del agua garantizando la suficiencia y calidad de este recurso para cada uso.

Críticas al PHN que propone trasvase del Ebro:

- **Impactos de las obras hidráulicas en la biodiversidad del río Ebro y sus riberas y sobre todo en su delta.**
- **Tensiones sociales entre cuencas vecinas.**
- **Posibilidad de que no existan excedentes en el futuro como consecuencia del cambio climático.**
- **Alternativa : "Nueva cultura del agua" (eficiencia, ahorro y reutilización de recursos hídricos)**

Los principales problemas de España relacionados con el agua son:

- El elevado consumo por persona que casi dobla la media mundial y es muy superior a la media europea.
- La zonación del país respecto a la disponibilidad de agua. Existe una España seca y una húmeda.
- La irregularidad de las lluvias y caudales fluviales variables a lo largo del año.
- Conflictos entre las regiones generados en muchos casos por desinformación de la población.
- Contaminación y sobreexplotación de los acuíferos, y salinización en las zonas de costa.
- Contaminación de los recursos hídricos por la actividad industrial.

La solución a estos problemas es una buena gestión que permita distribuir los recursos (trasvases) y aumentarlos (desalación, depuración, reutilización,...). Fomentar políticas ahorradoras, cobrar el coste real, e invertir para obtener el agua donde ésta se encuentra (es más racional transferir capitales que trasvasar agua, por ej. Para modernizar regadíos,...).