

Tema 12. La hidrosfera. El ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración. El problema de la escasez de agua.

1º E.S.O. Bloques I y II.
2º ESO. Bloque II. Tránsito de energía en la Tierra. La Hidrosfera como regulador térmico
2º Bach. Ciencias de la Tierra y del Medioambiente. Todos los núcleos temáticos (El medio ambiente, Modificaciones del medio, Coste de las alteraciones y Alternativas).

SUMARIO

12.1. La Hidrosfera.

12.2. El ciclo del agua o Ciclo Hidrológico.

12.2.1. Dinámica del agua en el ciclo hidrológico

12.2.2. Dinámica oceánica

12.2.3. La intervención humana en el ciclo hidrológico

12.3. La contaminación del agua

12.3.1. La calidad del agua.

12.3.2. Criterios de la calidad del agua

12.3.3. Fuentes de contaminación

12.3.4. Eutrofización

12.3.5. Contaminación del agua subterránea

12.3.6. Contaminación marina

12.4. Métodos de análisis y depuración

12.4.1. Índices de la calidad del agua

12.4.2. Parámetros de la calidad del agua

12.4.3. Índices compuestos

12.4.4. Control de la calidad del agua

12.4.5. Tratamiento de las aguas residuales

12.5. La escasez de los recursos hídricos

12.5.1. La gestión del agua

12.5.3. OPCIONAL Apéndice. La red fluvial de la Región

12.1.La Hidrosfera.

La cantidad total de agua que se encuentra libre en la superficie y en la atmósfera terrestre se ha estimado en 1'4 trillones de toneladas. Para hacernos una idea de lo que significa esta cifra, digamos que si la Tierra fuera una esfera perfecta de superficie uniforme y enrasada al actual nivel de los mares, la masa de agua citada la cubriría completamente con una capa de casi 2.500 m.

La propiedad física clave del agua es su densidad. Mientras que la densidad máxima del agua dulce es de 1 g/cm³, la del agua del mar puede llegar a 1,03, según su contenido en sales y su t°. El agua alcanza su máxima densidad a 3'98 °C, el hielo es bastante más ligero.

La Hidrosfera es el conjunto de aguas en estado líquido, sólido y gaseoso, que se encuentran en las capas superiores de la corteza terrestre y en la atmósfera. Cubren el 70'8 % de la superficie de la Tierra, unas 700 veces la extensión de España; este porcentaje difiere con la latitud y se reparte de forma diferente entre los dos Hemisferios (Boreal 61 % de agua, Austral el 81 %). La casi totalidad se encuentra en los océanos y mares (97'2 %). La mayor reserva de agua dulce de la hidrosfera se encuentra en forma sólida y corresponde a las extensas masas de hielo de los casquetes polares y glaciares (2'2 %). De hecho, si se fundieran las citadas masas de hielo el nivel del mar ascendería unos 70 m. Las aguas subterráneas profundas son económicamente inviables o salinas y las de los lagos salados y de la atmósfera no pueden, en general, utilizarse directamente. El 0'6 % suponen las aguas subterráneas, 0'02 % en ríos y lagos, y 0'001 % en la atmósfera.

El total útil de estos recursos para la mayor parte de los usos no sobrepasa el 0'01 % del total, o más exactamente el 11 % de las aguas continentales.

Se cree que la **salinidad** de las aguas marinas procede de la meteorización de las rocas continentales y de los elementos solubles emitidos por las dorsales. La cantidad de sales disueltas en las aguas marinas es variable: un 10 - 15 por mil en la parte meridional del mar Báltico, un 33 - 38 por mil en el océano abierto o un 40 por mil en el mar Rojo. Se han podido detectar en el agua del mar, 72 elementos químicos, si bien, en desigual concentración. Cualquiera que sea la salinidad de las aguas, las proporciones relativas de los diferentes iones que la componen se mantienen con escasas variaciones (Ej. Mediterráneo para iones Cl⁻ y SO₄⁼).

Semejante constancia en las proporciones sólo se entiende si existen en el océano complejos sistemas de regulación (circulación general de las masas de agua), que aseguren su composición uniforme. A modo de ejemplo señalamos lo que sucede con la congelación del agua en latitudes polares: La presencia de sales hace que congele a -1'9 °C, como el en hielo se reduce la salinidad al 70 %, las sales sobrantes se disuelven en aguas próximas provocando un descenso en su t° de congelación que las mantiene más tiempo líquidas. Con la llegada del invierno ártico y antártico se inicia la formación de grandes masas de hielo, aumenta la salinidad y, por tanto, la densidad de las aguas adyacentes, descienden al fondo y se deslizan hacia el ecuador ocupando su espacio una corriente más cálida de otras latitudes; en verano sucede lo contrario.

La salinidad se calcula con conductivímetros que miden la concentración relativa de sales (a mayor salinidad, mayor conductividad). Las principales sales que podemos encontrar en el agua del mar son:

Sal	Contenido (gr/Kg)
ClNa	23
MgCl ₂	5
Na ₂ SO ₄	4
KCl	0'7
CaCl ₂	1
Otras	0'8

La transparencia de las aguas depende en parte de la salinidad y en parte del plancton marino. Es una forma de medir la eutrofización de las aguas y se mide con el disco de Sechi (disco blanco de 20 cm de diámetro), según la profundidad a la que deja de verse el disco.

La t^a de los océanos varía con la profundidad y con la latitud: están formados por una capa fina (200-500 m) de agua templada (entre 12 y 30 °C) situada sobre una gran masa a t^a entre -1 y 5 °C. El límite entre ambas (**termoclina**) está situado entre los 200 y 1.000 m., y puede ser abrupto o gradual, marcando el nivel mínimo de oxígeno en el agua oceánica.

Las variaciones de t^a con la latitud permiten distinguir los mares intertropicales cálidos del resto. Son consecuencia de la zonación climática (Tema 13), y van acompañadas sólo en parte por variaciones en la salinidad (las fuertes precipitaciones del ecuador diluyen las sales).

Podemos distinguir distintas Zonas batimétricas, atendiendo a diferentes criterios:

- Profundidad: zona diáfana (hasta 200 m.) y zona afótica (sin luz).
- Geológico: Plataforma continental (pendientes menores de un 1 por 1000), Talud (con pendiente mayor de 1/40) y zona de llanura abisal.
- Biológico: nerítica (hasta 200 m, coincidiendo con la plataforma), batial (hasta 2000 m de profundidad, coincide con el talud), abisal (a partir de los 2000 m, coincide con la llanura abisal).
- Horizontal: costera (justo en el borde de la costa), litoral (cercana a la costa) y pelágica (lejos de la costa).

Pese a lo relativamente escaso del volumen de agua implicado, la humedad atmosférica y el agua de los ríos representan los agentes de intercambio más activos de todo el ciclo hidrológico. Esto es así porque la atmósfera tiene un período medio de renovación de nueve días, los sistemas fluviales cuya cuenca es pequeña alrededor de doce, y los grandes ríos que desembocan directamente en los mares de unos veinte, mientras que el tiempo para los océanos, los casquetes de hielo y las aguas subterráneas no freáticas es del orden de cientos y hasta miles de años. El papel del agua en la atmósfera es fundamental, no sólo como parte del ciclo hidrológico, sino para la distribución de climas y para la vida en general.

12.2. El ciclo del agua o Ciclo Hidrológico.

De acuerdo con nuestros conocimientos actuales, la Tierra es el único lugar del Sistema Solar en el que hay agua en los tres estados. En puntos más alejados o próximos al Sol, las t^a son más frías o más elevadas. Se piensa que el agua de la Tierra procede de su interior, cuando la desintegración de los materiales radiactivos calentó a los minerales fríos.

Se denomina **ciclo hidrológico** al proceso repetitivo y cerrado de intercambio de agua entre las distintas partes del planeta. Las mayores reservas de agua están en la atmósfera, en los ríos, lagos y subsuelo de los continentes, y en el mar. El agua de la atmósfera se precipita sobre el continente y el mar. Parte se almacena temporalmente en los lagos y en el subsuelo y el resto se dirige, por distintos caminos, al mar. El ciclo se completa por la evaporación del agua de la tierra y el mar hacia la atmósfera ¹.

Aristóteles, en su Meteorología, ya se refirió al ciclo del agua. Pero hasta mediados del siglo XVII (Edmund Halley), no se estableció de forma explícita que la cantidad de agua involucrada en el proceso se mantenía constante y, por tanto, el proceso era estable. También en la misma época se estableció que los procesos de **infiltración y evaporación** formaban parte del ciclo.

En él, el agua existente en cada una de las reservas (atmósfera, océanos, glaciares, etc.), se mantiene aproximadamente constante, aunque varíe a lo largo del año. Igualmente, en largos plazos de tiempo, el balance hidrológico puede cambiar y da lugar a perturbaciones del clima (Glaciaciones). Se calcula que el hombre sólo utiliza un 5 % de los recursos hídricos potenciales (equivale unos dos billones de m³).

El funcionamiento del ciclo hidrológico se puede materializar en una serie de intercambios. La **evaporación** transfiere el agua de los océanos y lagos a la atmósfera, gracias al aporte de energía solar. El vapor de agua se acumula en las nubes que son transportadas por el viento. Bajo ciertas condiciones las

¹ En realidad, el ciclo del agua no está completamente cerrado, los magmas aportan vapor de agua y pequeñas cantidades de agua pueden ser disociadas por los rayos UV, escapando el hidrógeno del campo gravitatorio

nubes descargan el agua en forma de **precipitación**. El vapor de agua presente en la atmósfera posee un calor latente que es empleado en la evaporación. La condensación del vapor produce el desprendimiento del calor sobrante, que calienta la masa de aire y acelera su ascenso a niveles superiores. A medida que el aire húmedo asciende, se enfría y origina lluvia o nieve, según que la condensación se produzca por encima o por debajo de los 0 °C. La nieve, al descender, puede licuarse antes de llegar a la superficie de la Tierra o resistir durante mucho tiempo formando glaciares, que descenderán hasta que funda la nieve (**deshielo**), tras un nuevo aporte de energía solar.

La precipitación caída en forma de lluvia puede seguir varios caminos. Parte cae sobre la vegetación antes de alcanzar el suelo, las hojas se humedecen y almacenan una cierta cantidad de agua. El resto cae al suelo, excepto la parte interceptada por la vegetación que no llega al suelo.

En función del tipo de suelo donde cae la lluvia y de su grado de humedad, el agua puede seguir dos nuevos caminos. Parte de ella es absorbida (**infiltración**) y es retenida allí por las fuerzas de capilaridad. Si se alcanza el nivel de saturación, el agua se desplaza de nuevo hacia la superficie (**surgencia**) o se introduce más profundamente en el terreno y da lugar a la acumulación de agua subterránea. En el interior, el agua se mueve muy lentamente, sometida a fuerzas de capilaridad y gravitatorias, hasta que descarga en ríos y lagos a través de fuentes o directamente en el mar. Ya sea por la saturación del terreno, o bien porque la lluvia sea torrencial y no se infiltre, el agua fluye según las líneas de máxima pendiente (**escorrentía**), tras rellenar huecos, oquedades, etc., hasta alcanzar los torrentes y ríos. Como sabemos la gravedad ayuda a liberar la energía potencial acumulada, así las gotas de lluvia o nieve caen a la superficie, las aguas superficiales, las subterráneas y el hielo se desplazan hacia zonas deprimidas, realizando su acción erosiva, de transporte y de sedimentación. Cada m³ de agua vertido en el mar contiene casi medio kilo de sedimentos. Muchos de los procesos de formación y destrucción del suelo y del paisaje se explican así a través del ciclo hidrológico.

Parte del agua retenida en la capa superficial del terreno es devuelta a la atmósfera por **evaporación** cuando cesa la lluvia. También se evapora parte del agua circulante por el terreno o por los ríos, completando la acción del sol sobre el mar. Las plantas absorben agua a través de sus raíces y circula hasta sus hojas donde se intercambia nuevamente con la atmósfera (**transpiración**). A menudo no es importante distinguir entre el agua que se evapora del suelo, el agua circulante y la que transportan las plantas, y se engloban ambos procesos bajo la denominación de evapotranspiración.

En todos sus intercambios el agua arrastra consigo diversos elementos, disueltos o en suspensión, así como variados organismos vivos. Asimismo, es soporte de diferentes tipos de energía (potencial, cinética, calorífica,...) responsable de numerosos procesos asociados. La consideración de estos procesos dentro del marco conceptual del ciclo hidrológico permite establecer relaciones y referencias mutuas entre ellos, que explican muchos problemas físicos y ecológico. Sobre todo hace posible que las condiciones de **calidad de agua**, sus propiedades físicas y los elementos u organismos que contiene, sean tenidos en cuenta simultáneamente a las condiciones del caudal.

Las sustancias disueltas o en suspensión son aprovechadas como **nutriente** por muchos organismos vivos. El ciclo hidrológico determina las condiciones en que han de vivir y su mantenimiento debe ser objetivo de la planificación y de la administración de los recursos hidráulicos. El número de especies y su distribución afectan a los posibles usos del agua para abastecimiento, regadío, industria o recreo y sirven como indicadores de la calidad del agua.

Por otra parte, la dinámica de las placas litosféricas hace que, cuando en los procesos subductivos las placas se funden, los episodios magmáticos que se producen incorporen agua que iba empapando las rocas subducidas, con lo que ésta entra a formar parte del agua magmática y del **ciclo hidrológico interno**, liberándose, a veces, en los procesos volcánicos y reincorporándose de nuevo al ciclo hidrológico externo. A estas aguas magmáticas se pueden añadir las que proceden de la desgasificación de los magmas derivados de la fusión de las rocas que nunca han estado en la superficie (aguas juveniles)

12.2.1. Dinámica del agua en el ciclo hidrológico

Partiendo de la observación ya conocida de que "todos los ríos van a parar al mar" (Eclesiastés), se puede calcular la cantidad de agua evaporada de éste, que será igual a la aportada por los ríos: (37.000 km³ cada año) más la precipitación sobre los océanos. Como el volumen del agua de los océanos de todo el mundo es de 1350 millones de km³, tenemos que

$$1'35 \times 10^9 \text{ km}^3 \text{ (volumen de los océanos)}$$

$$\frac{37 \times 10^4 \text{ km}^3/\text{año}}{36.000 \text{ años}} = 36.000 \text{ años}$$

Es decir, que el agua de todos los mares del mundo tarda 36.000 años en renovarse. Estadísticamente podemos decir, teniendo en cuenta la agitación del oleaje y, sobre todo, de las corrientes profundas, que una molécula de agua sólo reside este tiempo en el mar antes de ser evaporada y (con enorme rapidez) volver al mar como lluvia. A este período se le llama **tiempo de latencia**.

El tiempo de residencia de una molécula de agua en un casquete glaciar es aproximadamente el mismo que en una cuenca oceánica, mientras que el agua subterránea muy profunda puede tener tiempos de residencia de millones de años (**agua fósil**), representa la herencia de un clima más húmedo, en el pasado geológico. Su eventual explotación, por tanto, debe realizarse con sumo cuidado, ya que se trata de depósitos no recargables. Precaución extensible a todo lo referente al ciclo hidrológico, que es una suma de equilibrios inestables.

12.2.2. Dinámica oceánica

Las corrientes oceánicas constituyen un mecanismo de transporte de calor más eficaz que el atmosférico. Clasificamos las corrientes en dos tipos: superficiales y profundas.

Corrientes superficiales

El desplazamiento de estas corrientes está marcado por el sentido de los vientos dominantes, aunque su trayectoria pueda ser modificada por la presencia de masas continentales que dificultan la transferencia de calor hacia las zonas polares, favoreciendo la formación de casquetes de hielo.

Las trayectorias más significativas, condicionadas por el efecto Coriolis, son de giro de tipo anticiclónico en ambos hemisferios. El giro lo inician los alisios, que las desplazan hacia el oeste, originando aridez en las márgenes continentales que abandonan, al arrastrar las nubes con ellas. Al llegar a las proximidades de las costas occidentales retornan, constituyendo la denominada **deriva del oeste**. Cuando alcanzan las costas orientales, estas corrientes sufren una doble desviación: hacia las zonas polares (suavizando el clima) y hacia las ecuatoriales (refrescándolas).

Otras que merecen atención son las frías del polo norte que discurren paralelas a las costas occidentales, como la corriente del Labrador, que alcanza las costas de Terranova; la de Kanchatka, que discurre a través del estrecho de Bering y la de Groenlandia, que procede del océano Glaciar Ártico.

Por último, cabe citar la corriente circumpolar antártica, que rodea sus costas en sentido horario, extendiéndose hasta los 60° de latitud sur.

Corrientes profundas

Estos desplazamientos se originan debido a las diferencias en la densidad del agua que es mayor cuanto más fría y/o salada está aquella, tendiendo a hundirse para dar lugar a una circulación termohalina (tª-salinidad). El enfriamiento invernal de las capas superiores origina el descenso y provoca el afloramiento del agua más profunda y cálida para ocupar su lugar.

En ciertas ocasiones el descenso puede verse dificultado por el aporte de agua dulce (desembocadura de un río, fusión de un iceberg) o por la existencia de una precipitación superior a la evaporación. Por el contrario, en lugares donde la evaporación es elevada o el enfriamiento superficial es más fuerte, el agua fría y más salada (ya que el hielo no contiene sal) se hundirá, alcanzando el fondo.

En la zona donde los alisios desplazan el agua superficial, originando el inicio de las corrientes superficiales de giro anticiclónico, se produce el conocido **afloramiento** de aguas frías desde las profundidades en sustitución de la desplazada por los citados vientos.

El océano global

Es el conjunto formado por todos los mares y océanos del planeta. La denominación parece adecuada si tenemos en cuenta que están comunicados entre sí. Su estudio es de gran importancia para dar respuesta a muchos de los interrogantes sobre el clima global, ya que se trata de un medio de transporte muy eficaz de calor y nubosidad.

Se denomina **cinta transportadora oceánica** a una especie de río de agua que recorre la mayoría de los océanos del planeta; en la primera mitad de su trayectoria como corriente profunda, condicionada por la densidad, y después en forma de corriente superficial, supeditada a la acción de los vientos dominantes.

La fuente de esta circulación se halla en las proximidades de Groenlandia, cerca del límite de los hielos, donde el agua salada, fría y densa tiende a hundirse. Esta corriente recorre el fondo del Atlántico de norte a sur hasta que entra en contacto con las gélidas aguas del océano antártico y asciende, retornando parte de ella a su lugar de origen. El resto se sumerge de nuevo debido al intenso enfriamiento superficial. Discurre así por el fondo del océano Índico, donde parte de ella asciende, mientras que el resto llega al Pacífico, donde se eleva definitivamente y se calienta.

Posteriormente realiza un trayecto en sentido inverso en forma de corrientes superficial, arrastrando con ella aguas cálida y nubes formadas en los océanos cálidos, transportando lluvia a su paso e incrementando la t° de las costas atlánticas noreuropeas.

La cinta transportadora oceánica compensa el desequilibrio de salinidad y t° existentes entre el Atlántico y el Pacífico, ya que éste es menos salado y más cálido por su mayor aislamiento respecto a las zonas polares.

Esta corriente se encarga además de regular la cantidad de CO_2 atmosférico, ya que el agua fría, al hundirse arrastra una gran cantidad de este gas, liberándolo unos mil años después en las zonas de afloramiento.

(Ver el apartado “el Niño” del final del tema anterior, aquí también con carácter opcional)

12.2.3. La intervención humana en el ciclo hidrológico

La acción del hombre incide de diversas maneras sobre el ciclo. La detracción de agua de los ríos o embalses y la extracción de agua subterránea para su utilización en regadío, por ejemplo, supone un fuerte consumo que no se reintegra al estado líquido más que una mínima proporción (incrementando la evapotranspiración). Con todo casi toda el agua dulce es subterránea, y la mayor parte del movimiento total de agua dulce desde los puntos de captura de lluvia al mar se da probablemente bajo tierra. El ciclo normal del agua subterránea puede calcularse en años o como mucho en pocos siglos. Sin embargo, debajo del Sáhara hay una capa de **agua fósil**, que se encuentra allí desde la última glaciación y que lleva decenas de miles de años dirigiéndose al mar. Su aprovechamiento es muy reciente.

La utilización para abastecimientos de agua a las poblaciones supone un consumo de un 20 % pero lleva consigo una importante alteración de la calidad del agua, ya que es vehículo de transporte de toda clase de residuos que producen su contaminación. El proceso de urbanización, por su parte, produce una impermeabilización del terreno dificultando la recarga de aguas subterráneas y aumentando la escorrentía y el riesgo de inundaciones, al alterar el régimen fluvial.

Todos estos procesos pueden ser tratados cuantitativamente de modo uniforme mediante el **balance hidráulico**, entre las entradas de agua (precipitación, deshielo), y las salidas (evapotranspiración, recarga de aguas subterráneas, escorrentía superficial). El balance se puede estudiar en un área o tramo de un río, en una cuenca hidrográfica o en todo el país. Puede utilizarse también para medir la repercusión de las actuaciones humanas sobre el ciclo hidrológico. Por ejemplo las zonas pantanosas y los bosques extensos disminuyen el ritmo de drenaje del agua y aumentan la duración del ciclo hidrológico reduciendo el riesgo de inundaciones.

En una sociedad agrícola, cada persona consume 900 m^3 de agua al año (el consumo de una vivienda con quince habitaciones); en una sociedad industrial, el triple. Tomando 1500 m^3 como media, todos los habitantes del planeta necesitamos 7'5 billones de m^3 de agua dulce al año. Estas cantidades de agua se han convertido, junto con las de energía, en uno de los obstáculos para la expansión de la sociedad humana.

Los dos principios básicos para mejor aprovechamiento por el hombre del ciclo del agua son simples: Disminuir la evaporación del agua en los continentes y acelerarse en los océanos, ya que el agua volverá a caer, quizá sobre el continente.

Estos principios han sido la base de múltiples ideas, unas ya convertidas en rutina (construcción de presas) y otras futuras (lluvia artificial). Las principales acciones del hombre sobre el ciclo del agua son:

- Para disminuir la evaporación se proyectan el acelerador aerológico (tubo de plástico de doble pared lleno de helio, de 100 m. de \varnothing y 3.000 m. de altura, anclado sobre una zona árida costera. El aire húmedo que asciende por el tubo se enfría y condensa, lloviendo sobre la base); la cobertura de presas.
- Para aumentar la precipitación ya aplicándose: recolección de rocío (rampas que acaban en canales que comunican con depósitos subterráneos, como las del Peñón de Gibraltar), riego por goteo; en proyecto: lluvia artificial, remolque de iceberg.

- Para aminorar la escorrentía: construcción de presas y regadío, explotación y rellenado de acuíferos.
- Desalinización del agua del mar.

12.3. La contaminación del agua

El agua no se encuentra naturalmente en estado puro, siempre contiene un cierto número y cantidad de sustancias de distinta procedencia. Así en las aguas que no han recibido vertidos artificiales se encuentran sólidos y coloides en suspensión (que afectan a la **transparencia**), sólidos disueltos (**alcalinidad, pH, dureza, conductividad**), oxígeno disuelto (decisivo para la vida acuática), etc.

A las impurezas naturales se suman las procedentes de descargas artificiales que pueden añadir otras sustancias distintas (detergentes, tóxicos).

12.3.1. La calidad del agua.

Este término se utiliza para describir las características físico-químicas y biológicas de un agua en relación a su adecuación a un uso determinado. No es, por tanto, un término absoluto siempre está relacionado con su uso y destino. Por ejemplo, aguas adecuadas para actividades recreativas o deportivas, pueden no ser idóneas para el consumo humano. Por la misma razón, es indiferente que la falta de calidad se deba a causas naturales o artificiales. De no ser así, la calidad del agua se identificaría con su estado natural, y la pérdida de calidad vendría medida por la distancia a ese estado.

No obstante la degradación de la calidad de las aguas se debe, casi siempre, a causas artificiales. El proceso de urbanización y el crecimiento de las ciudades, la implantación de industrias, la utilización de insecticidas, etc. han disminuido e incluso destruido la calidad de las aguas de muchas regiones.

El crecimiento demográfico y la extensión de los sistemas de regadío suponen una mayor exigencia de agua de buena calidad y no contaminada. Resulta indispensable, por lo tanto, proteger y conservar las aguas. Procede así mismo considerar que las masas de agua constituyen un elemento esencial del paisaje. Es urgente su protección en zonas muy contaminadas, y se requiere esa protección, para preverlo, en las que no lo están todavía.

A continuación citamos algunas operaciones que afectan a la calidad del agua **reduciendo la estabilidad ecológica**:

Por aumento del flujo de energía: Vertido de nutrientes para autótrofos o heterótrofos; dragado de sedimentos, turbulencias.

Por explotación de terrenos adyacentes: Cultivo, pastoreo, fertilización, riego, deforestación, conversión en pastizales, aplicación de herbicidas y plaguicidas.

Por reducción de la estructura: Destrucción de nichos, avenidas, descargas de calor, sobreexplotación, vertidos químicos, etc.

12.3.2. Criterios de la calidad del agua

Los estándares constituyen un punto de referencia para establecer el grado de contaminación de las aguas. Definen la máxima concentración de sustancias o elementos presentes en el agua, de forma que su consumo o utilización no afecte a la salud humana ni al medio acuático, siempre que el agua se emplee en el uso o actividad a la que se ha destinado. Los criterios varían según el destino del agua: abastecimiento público, recreo, industria, agricultura, etc. Los más exigentes son los del agua destinada al consumo humano.

Cada nación, mediante su legislación, establece su regulación periódicamente revisable, a medida que prospera el nivel de vida del país y se progresa en el estudio de las consecuencias de la contaminación.

Los contaminantes del agua se pueden clasificar en:

Residuos que demandan oxígeno, son los compuestos orgánicos biodegradables. Producen la destrucción del ecosistema acuático, extinción de especies y malos olores. Son degradados por microorganismos consumiendo, éstos, O_2 y desprendiendo CO_2 . El agotamiento del O_2 provoca la

desaparición de la flora y de la fauna. Se desarrollan los microorganismos anaerobios produciendo en su metabolismo SO_2 , causa del olor a podrido del agua.

Organismos patógenos: Bacterias y virus agentes de enfermedades. Entre ellos destacamos.

Clase de organismo	Especie	Enfermedad	Receptor
Virus		Poliomielitis, Hepatitis, Diarreas.	Hombre
Bacterias	E.coli, Salmonella typhi, S. paratyphi, Shigella, Vibrio cholerae.	Diarreas, fiebres tifoideas y paratifoideas, disentería, cólera	Hombre y animales
Protozoos	Entamoeba histolítica	disentería amebiana	Hombre
Platelmintos	Taenia solium y saginata	Solitaria	Hombre, vaca, cerdo,
Nemátodos	Ascaris y Fasciola	Lombrices y fasciolosis	Hombre

Nutrientes minerales: compuestos de P y N principalmente. Producen una degradación del ecosistema acuático y una degradación estética. Un exceso de nutrientes en el agua provoca el crecimiento de las algas y de otras plantas, las cuales forman al descomponerse un exceso de materia orgánica sobre la que actúan los microorganismos, los cuales, debido a la respiración, pueden agotar el O_2 disuelto.

La fuente principal de nutrientes son los detergentes biodegradables. Los no biodegradables, los aceites y las grasas se van acumulando en la superficie de las aguas formando una capa de espuma o una película de aceite.

Minerales inorgánicos y otros contaminantes químicos: En aguas residuales que desembocan en los ríos van disueltos iones (Ag, Hg, Mg, Pb, Ca, Co, Cu, Fe,...) que los animales absorben, y en los que producen alteraciones e incluso la muerte, provocando la extinción de la biocenosis de la zona afectada.

Otras veces se utilizan para el riego de cultivos aguas con excesivo contenido en sal, con lo que provocan una salinización del suelo.

Sólidos en suspensión: Partículas insolubles

Descargas de agua caliente: Sistemas de refrigeración.

Productos tóxicos: Detergentes, pesticidas, herbicidas,...

Sustancias radiactivas: minerales radiactivos.

12.3.3. Fuentes de contaminación

Las sustancias contaminantes tienen su origen en dos tipos de fuentes: puntuales y difusas o no puntuales.

Las **fuentes puntuales de contaminación** son aquellas que vierten a una masa de agua a través de un foco muy localizado, como puede ser, por ejemplo una tubería; a este grupo pertenecen los vertidos industriales y los desagües de las redes de saneamiento municipales.

La **fuentes no puntuales** vierten la materia contaminante de forma difusa, y son difíciles de delimitar geográficamente; la carga que aportan a las aguas depende del clima (precipitaciones y tormentas) incontrolables para el hombre. Muchas actividades humanas las provocan (agricultura, silvicultura, minería, construcción, uso de plaguicidas y abonos, etc.).

El carácter contaminante de una descarga industrial depende del tipo de industria, procesos empleados, tamaño y organización de las instalaciones, etc. Los problemas más comunes asociados a la contaminación industrial consiste en la disminución del contenido de oxígeno del agua, aporte de materias en suspensión, aceites y grasas, metales pesados y otras sustancias tóxicas. Algunas industrias provocan contaminación térmica como consecuencia de la descarga de aguas de refrigeración y, otras emiten sustancias que alteran el pH de las aguas receptoras.

La contaminación por aguas residuales domésticas se debe a su descarga directa a los cursos receptores, a tratamientos inadecuados o sobrecarga en las estaciones depuradoras. Las aguas fecales brutas (sin tratar) contienen materia orgánica disuelta y en suspensión (glúcidos, ácidos orgánicos, grasas, proteínas, etc.), otros productos inorgánicos disueltos o no (compuestos de Na, Ca, Mg, K, etc.) y microorganismos (bacterias, virus, etc.).

Las características de los efluentes de las estaciones depuradoras municipales varían según el tratamiento aplicado. Los tratamientos convencionales reducen, en gran proporción, la cantidad de materia orgánica biodegradable y partículas en suspensión. La desinfección suprime la práctica totalidad de microorganismos; también se consigue eliminar el N y el P, pero muy poco del resto de componentes inorgánicos. El vertido de residuos industriales a la red de alcantarillado puede afectar a los trabajos de depuración de las plantas municipales. Los metales pesados y otros compuestos potencialmente tóxicos no siempre se eliminan por los tratamientos convencionales de las estaciones depuradoras, generalmente no proyectadas para el tratamiento de este tipo de residuos, lo que implica un riesgo de contaminación para las aguas receptoras, incluso pueden dañar las instalaciones.

Entre las **fuentes no puntuales** tenemos las siguientes:

- Agrícolas. Los principales contaminantes son los plaguicidas, materia orgánica, sales,...
- Forestales, los principales son sedimentos, plaguicidas, energía térmica,...
- Minería: sedimentos, salinidad, minerales disueltos,...
- Construcción: Sedimentos, productos químicos,...
- Escorrentía urbana: Materia orgánica e inorgánica, bacterias coliformes, plaguicidas, metales pesados, sedimentos.
- Modificaciones hidrológicas: sedimentos, plaguicidas, productos químicos,...
- Otras: Lodos, desechos radiactivos, etc.

12.3.4. Eutrofización

Las aguas residuales de uso humano son conducidas, por las cloacas, a los ríos y lagos. Las deyecciones, ricas en N y materias orgánicas, sumadas a la liberación de P por los detergentes, provocan la **eutrofia**. El P pierde su efecto limitante, siendo utilizado por el fitoplancton, cuyas poblaciones crecen desmesuradamente hasta agotar el nitrógeno. Este hecho provoca la proliferación de cianobacterias o cianofíceas que lo fijan de la atmósfera. Como consecuencia del aumento de los organismos fotosintéticos, el agua se vuelve verdosa y turbia, aumentando la cantidad de oxígeno en el agua superficial. La muerte del fitoplancton provoca la acumulación en el fondo y la aparición de bacterias aerobias que consumen grandes cantidades de oxígeno para oxidar la materia orgánica profunda. La proliferación de dichas bacterias provoca una disminución de la cantidad de oxígeno y se generan condiciones anaerobias aptas para la aparición de procesos de fermentación. Así, disminuyen las bacterias aerobias a favor de las anaerobias. Los procesos de fermentación desprenden H_2S , NH_3 , responsables del mal olor.

El problema se ha agravado en los últimos cincuenta años, y muchos lagos españoles y europeos se ven afectados por él. La causa parece estar en el cambio de los sistemas de explotación agrarios, que conlleva un uso abusivo de abonos y un gran consumo de detergentes con fosfatos.

12.3.5. Contaminación del agua subterránea

Los acuíferos pueden tardar mucho en manifestar la contaminación, a causa de la lenta circulación de las aguas, la capacidad de absorción de los terrenos y el tamaño pequeño de los canalículos. Presentan un notable poder depurador frente a muchos agentes contaminantes.

La contaminación puede ser directa, sin dilución, cuando se introducen directamente las sustancias contaminantes al acuífero; e indirecta, con dilución, cuando es la recarga natural o la entrada de aguas contaminadas la que la provoca.

Los posibles orígenes de la contaminación son muy variados:

Por actividades domésticas. Contaminación esencialmente orgánica y biológica nacida de fosas sépticas, pozos negros, fugas de la red de alcantarillado, uso de detergentes, etc.

Por labores agrícolas. Abonos a base de estiércol o abonos artificiales (la contaminación se debe al aporte de nitratos); utilización de pesticidas (insecticidas, herbicidas, plaguicidas).

Por Ganadería. Esencialmente orgánica y biológica, con matices similares a la de las actividades domésticas.

Por aguas superficiales. Cuando éstas recargan y contaminan las aguas subterráneas.

Por aguas salinas. Se suele dar en las regiones costeras por la intrusión marina.

Por actividades mineras, nucleares, vertidos de basura, etc.

La regeneración de un acuífero es muy difícil, técnica y económicamente. Las medidas anticontaminantes deben ser preferentemente protectoras, regulando, ordenando o prohibiendo determinadas actividades potencialmente nocivas. La protección de captaciones contra la contaminación consiste definir unas zonas alrededor del pozo en la que se prohíban o limiten determinadas actividades.

La sobreexplotación de acuíferos costeros ocasiona un descenso del nivel freático, provocando el proceso de “intrusión salina”, según el cual el agua del mar, dada su mayor densidad, invade el espacio libre en el acuífero y desaloja al agua dulce, produciendo la salinización de los acuíferos.

Los inconvenientes derivados de la contaminación de las aguas subterráneas son consecuencia de: la dificultad de protegerlos, los contaminantes son de difícil detección ya que no son visible, procesos de autodepuración lentos y de depuración artificial difícil.

EL Real Decreto 1423/1982 de 18 de junio, B.O.E. del 29 de Junio de 1982 marca la reglamentación técnico-sanitaria sobre la calidad de las aguas potables para consumo público.

12.3.6. Contaminación marina

Los mares y océanos, al disponer de un gran volumen de agua, poseen una capacidad de autodepuración mucho mayor que la de los ríos, lagos y aguas subterráneas. Su contaminación por vía natural es muy pequeña y puede ser eliminada por los propios mecanismos de autodepuración. El problema radica en la causada por los ríos contaminados, vertidos incontrolados, basuras flotantes, mareas negras, actividades industriales realizadas en ellos, extracciones de petróleo en plataformas petrolíferas, etc. Los efectos producidos por los vertidos petrolíferos dependen del tipo de petróleo (crudo o refinado), cantidad, distancia a las costas y las características del mar o del océano donde se ha producido el vertido.

Entre los efectos más destacados está la muerte de organismos marinos por hundimiento, al perder flotabilidad, o pérdida de calor al alterarse el aislamiento térmico por la impregnación de crudo en plumas y pelo. Si el vertido sucede cerca de la costa, se alteran las actividades pesqueras y turísticas, ocasionando graves consecuencias económicas para la zona afectada.

Anualmente se vierten al mar entre 3 y 4 millones de Tm de petróleo. El 12 % proviene de accidentes de petroleros, y el resto de la limpieza de los tanques, de barcos y vertidos de refinerías e industrias.

La contaminación marina se agrava en los mares cerrados y poco extensos (mar Mediterráneo). Los países ribereños adoptaron en 1980 un acuerdo, mediante el que los países signatarios se comprometen a adoptar las medidas apropiadas para prevenir, reducir, combatir y controlar la contaminación de la zona mediterránea. Se comprometen a eliminar en la zona la contaminación de origen terrestre provocada por las siguientes sustancias: Hg, Cd, aceites lubricantes, compuestos organofosforados y organohalogenados, sustancias cancerígenas, sustancias radiactivas y Sn. También se comprometen a reducir estrictamente la contaminación de origen terrestre provocada por: Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Se, As, Sb, petróleo, cianuro, detergentes, microorganismos, descargas térmicas, etc.

Los factores que se tienen en cuenta antes de conceder autorización para efectuar vertidos son: Características y composición de los desechos; persistencia, toxicidad, transformaciones bioquímicas; Características del lugar de descarga; perturbación de los ecosistemas marinos y usos del agua del mar.

12.4. Métodos de análisis y depuración

La gestión de los recursos hídricos requiere el acopio, análisis y evaluación de una información fidedigna sobre la calidad del agua. Es preciso establecer redes de medición de la calidad del agua, en estrecha coordinación con los distintos organismos encargados de compilar datos sobre el agua. Entre otras muchas aplicaciones, hace falta determinar la calidad del agua para:

- Clasificar los recursos hídricos con miras a su utilización y explotación planificadas.
- Reunir datos básicos sobre la calidad natural del agua con objeto de conocer los cambios que, a la larga, se puedan producir.

- Determinar, mediante una labor ordinaria la vigilancia de la calidad del agua, la idoneidad del agua destinada a ser potable, las actividades recreativas o los deportes acuáticos, o para proteger una zona de pesca sensible.
- Precisar y cuantificar, mediante la vigilancia de la calidad del agua, la influencia de la contaminación y para poder conocer con la debida antelación los posibles peligros.
- Prever la calidad del agua y determinar su capacidad de asimilación de los desechos o residuos, lo que ha de facilitar una elección racional entre las medidas de lucha contra la contaminación y las distintas posibilidades en materia de gestión de los recursos hídricos.

12.4.1. Índices de la calidad el agua

El método más sencillo y práctico para estimar la calidad del agua consiste en definir los índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos. Los índices de calidad se suelen concretar en un número adimensional, función de los valores individuales de una serie de parámetros medidos en una muestra de agua, que permita estimar su calidad según el uso a que se va a destinar.

Presentan indudables limitaciones, ya que engloban a un conjunto de parámetros, además de lo laborioso que resulta la toma de datos. Para la determinación de índices bióticos se precisan conocimientos taxonómicos. Su utilidad mayor es la de que, al representar la calidad del agua con un sólo número, permite llegar en seguida a clasificaciones. El proceso general para la definición de estos índices pasa por las siguientes etapas:

- a) **Selección de parámetros significativos** por especialistas. Se tiene en cuenta la utilización prevista para las aguas.
- b) **Clasificación de los valores de cada parámetro** según una escala de medidas.
- c) **Importancia de cada parámetro**, dado que no todos tienen la misma importancia en función del uso a que se destine el agua.
- d) Formulación de un **modelo matemático** definidor del índice.

Dada la importancia de la **contaminación orgánica**, que afecta tanto a la abundancia y distribución de seres vivos, se han diseñado numerosos índices bióticos para clasificar los tramos de los ríos. El estudio de los macroinvertebrados y de las algas proporcionan, por sí mismos, información suficiente sobre la calidad de las aguas. Los macroinvertebrados, fáciles de identificar, reflejan el grado total de contaminación, ya que ésta tiende a reducir su variedad aunque, las especies tolerantes, pueden aumentar su número. Ciertos grupos taxonómicos tienden a desaparecer paulatinamente en un cierto orden cronológico y resultan así claves para la clasificación.

Los **índices bióticos** utilizadas para medir la calidad de las aguas son:

Índices de contaminación. Casi todos derivan de la observación de la progresiva pérdida de componentes animales que sufre el ecosistema acuático, conforma aumenta la carga contaminante.

Índices tróficos. Basado en la proporción de especies de cada nivel trófico (según nichos ecológicos)

Índices taxonómicos. Basados en la composición taxonómica de la comunidad (Variabilidad).

Índices de diversidad. Se basa en los cambios de estructura que puede sufrir una comunidad. Su interpretación puede ser difícil ya que mientras una alta diversidad se relaciona con agua de alta calidad, la diversidad baja puede deberse a otras causas distintas a las de la contaminación.

Índices comparativos. Se trata, con estos índices, de medir los cambios en la calidad del agua a partir de la comparación entre la estructura de dos o más poblaciones o comunidades. Una vez determinadas las especies presentes en la muestra de agua y el número de individuos de cada una de ellas, se procede a la aplicación del índice biológico.

12.4.2. Parámetros de la calidad del agua

Son los contenidos de ciertas sustancias que el agua lleva disueltas o en suspensión. Se suele distinguir entre parámetros físicos, químicos y biológicos.

- Los **parámetros físicos** proporcionan una información muy clara sobre determinadas características del agua; los cambios en las propiedades físicas pueden ser tan ostensibles que, a veces, un sólo parámetro da idea del grado de contaminación y de su extensión. Ej. Transparencia, turbidez, color, olor, sabor, t° , pH, etc.
- Los **Parámetros químicos** son los más importantes para definir la calidad de las aguas. Se clasifican en orgánicos e inorgánico.

Entre los **inorgánicos** se incluyen todos los aniones y cationes y metales traza potencialmente nocivos para el hombre y otros seres vivos, o que hacen al agua inapropiada para su uso: cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, Ca, Mg, etc. Se suelen medir:

pH. Las reacciones químicas y biológicas dependen de él. El pH óptimo para la actividad biológica está entre 6 y 8,5.

Alcalinidad (determinada por la presencia de iones OH^- , o HCO_3^-),

Dureza expresada en concentración de CaCO_3 , Las aguas blandas tienen una concentración $< 50 \text{ mg/l}$, las duras tienen una concentración $> 200 \text{ mg/l}$. La OMS recomienda que el agua de bebida se mantenga entre 100 y 500 mg/l .

Nitrógeno, en sus diferentes formas (orgánico, amoniacal, nitritos, nitratos). La presencia de N orgánico y amoniacal son índices de una contaminación reciente.

- Los **orgánicos** constituyen el grupo más amplio y complejo e incluyen algunos indicadores de contenido orgánico general, como:

El oxígeno disuelto (OD), cuya presencia es fundamental para el desarrollo de la vida acuática. Las aguas superficiales limpias están saturadas de O_2 , pero los vertidos de materia orgánica lo hacen disminuir ya que se utiliza para la descomposición de la materia orgánica.

La **demanda bioquímica de oxígeno (DBO)** mide la cantidad de O_2 que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica. Este proceso es lento (se oxidan completamente en 5 días). Existen diferentes formas de medirlo, siendo la más frecuente la que se refiere al período de incubación de cinco días (DBO_5). $\text{Materia orgánica} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{materia inorgánica oxidada}$.

La **demanda química de oxígeno (DQO)** es un ensayo de oxidación de compuestos orgánicos por la acción de agentes químicos oxidados en un medio ácido y en presencia de catalizadores inorgánicos. Se utiliza para calcular la demanda total de O_2 necesario en la oxidación de compuestos presentes en el agua.

La relación entre los valores DBO y DQO nos indica el tipo de contaminación en aguas residuales. $\text{DBO/DQO} < 0,2$ nos informa de un vertido de tipo inorgánico, mientras que si es mayor 0,6 el vertido es orgánico.

ELCOT es la medida del contenido total de carbono de los compuestos orgánicos DBO, DQO y COT se emplean para determinar el grado de contaminación orgánica de las aguas.

- **Parámetros biológicos.** Nos indican la cantidad de microorganismos que hay en el agua responsables de olores y sabores del agua, color, turbidez y transmisión de enfermedades.

De todos los parámetros que establece la reglamentación, se suelen emplear entre 23 y 48, siendo los más utilizados el OD, la DBO, la DQO, la cantidad de N, P, S y Cl disueltos, dureza, turbidez, elementos tóxicos y los microorganismos patógenos.

El empleo de todos estos parámetros sólo nos indica el grado de calidad del agua en el momento de la toma de muestras, pero no nos informa de su estado anterior ni de su capacidad de autodepuración. De ahí que en la actualidad se preste más atención a los “indicadores biológicos de la contaminación”, es decir, determinadas especies cuya presencia es orientativa sobre los niveles de contaminación y las variaciones en las poblaciones por alteración del medio acuático.

Ejemplo de indicadores biológicos:

- Blefarocéridos (larvas de dípteros). Sólo aparecen en ríos de alta montaña, en aguas muy limpias.
- Perlas (larvas de plecópteros). En aguas más bajas que las anteriores, pero con aguas también limpias.
- Efímeras (larvas de Ephemeroptera), en aguas limpias y en aguas batidas algo contaminadas.
- Frigáneas (tricópteros). Resisten aguas contaminadas, con un nivel medio de oxígeno.
- Colas de rata (larvas del díptero Eristalis). Viven en aguas carentes de O_2 y poco profundas.
- Gusano Tubifex. Aguantan bien aguas muy contaminadas.

La comparación entre los valores que se toman en una situación real y otra situación considerada como admisible o deseable, definida por estándares de calidad de agua, permite llegar a una estimación de la misma. Su principal limitación es la de que se refieren únicamente al momento de la toma de muestra, sin indicar nada acerca del estado anterior de las aguas ni de su capacidad de autodepuración.

A los Indicadores biológicos se les presta actualmente mucha atención. La presencia de ciertas especies, vegetales o animales, nos permiten detectar niveles de contaminación, así como las variaciones de la estructura de la comunidad biótica ocasionadas por las alteraciones del medio acuático. La justificación de su empleo se debe a que las comunidades biológicas son un fiel reflejo de las condiciones físico-químicas. Su estudio permite conocer el estado de las aguas anterior al momento del muestreo y predecir la evolución de la comunidad.

12.4.3. Índices compuestos

Para obtener una valoración general de la calidad del agua se han establecido fórmulas globales en las que se contemplan varios parámetros de los ya nombrados relacionando entre sí los más adecuados para medir las características a estudiar y otorgándole a cada uno una escala de calidad y la importancia que le corresponde para formular de esta manera el índice que buscamos.

Estos índices pueden ser físicos, químicos y bióticos y con ellos se establece una escala. A título de ejemplo incluimos una clasificación del agua de los ríos según el grado de contaminación:

		Concentración de contaminantes (ppm)		Bacterias
Contaminación	Clasificación	Contenido nutrientes	DBO	Nº coliformes/l
1 Sin contaminación	Oligosaprobio	1	5	20-50.000
2 Ligera	Mesosaprobio (α)	1-2	5-10	5.10 ⁴ -10 ⁵
3 Moderada		2-6	10-20	
4 Media	Mesosaprobio (β)	5-10	20-40	10 ⁵ -10 ⁶
5 Fuerte		7-13	40-70	
6 Muy fuerte	Polisaprobio	10-20	70-95	10 ⁶ -20.10 ⁶
7 Fortísima		>15	>95	

Índice saprobiótico medio o de Pantle-Buck = $\frac{\sum(s-h)}{\sum h}$, en donde:

los valores de “s” oscilan nos indican la cantidad de individuos Oligosapróbicos, Mesosapróbicos (α) y (β) y polisapróbicos.

Los valores de “h” indican el grado de aparición: ocasional (1), frecuentes (2) y muy frecuente (3).

Los márgenes del citado índice son: 1-1,5 oligosapróbico o sin contaminación; 1’5-2’5 αmesosaprobio (contaminación débil); 2’5-3,5 β-mesosaprobio (contaminación fuerte), y 3’5-4 polisaprobio (contaminación muy fueter)

12.4.4. Control de la calidad del agua

Iniciado por el programa **PNUMA** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) de la O.N.U., a petición de diferentes gobiernos, se está llevando a cabo una serie de planes de vigilancia estrechamente relacionados entre sí. A finales de 1976, paralelamente a una labor de vigilancia ecológica (contaminación y calamidades), se constituyó un proyecto relativo a la vigilancia mundial de la calidad de las aguas (**GEMS/WATER**), con estas tres finalidades principales:

- Colaborar con los estados miembros en el establecimiento de sistemas de vigilancia del agua y consolidar los existentes;
- Definir y mejorar la validez y la compatibilidad de los datos relativos a la calidad del agua en los estados miembros y entre ellos;
- Determinar la frecuencia y las tendencias a largo plazo de la contaminación del agua por obra de ciertas sustancias nocivas y persistentes.

El simple hecho de que unos problemas locales y nacionales, se reproduzcan muchas veces en el plano mundial justificó la organización de este proyecto como iniciativa internacional de cooperación y

dotado de una sólida vertiente regional. Los objetivos fundamentales de esta vigilancia mundial, quedaron definidos así:

- **Evaluar el impacto de las actividades humanas** en la calidad de las aguas y su idoneidad para los tipos de utilización necesarios. Para ello se crean estaciones de impacto.
- **Determinar la calidad del agua**, en su estado natural, de la que podría disponerse para atender necesidades futuras. Se lleva a cabo mediante la instalación de estaciones básicas.
- **Mantener en observación las fuentes y las trayectorias de determinadas sustancias nocivas**. Se consigue mediante cualquiera de los dos tipos de estaciones citadas, según las sustancias nocivas sean de origen artificial o natural.

La red GEMS/WATER de puntos de toma de muestras para determinar la calidad del agua dulce se extiende por todo el mundo, actúan de acuerdo a unas normas técnicas bien definidas y acumulan datos. Para la concepción de una **red GEMS/WATER**, se tienen en cuenta factores como los siguientes:

1. La asignación regional de las estaciones para medir la calidad natural del agua dulce y sobre el impacto de la actividad humana en dicha calidad.
2. Los factores (topografía, geología, suelos, vegetación, clima, etc.) que influyen en la calidad natural del agua de cada región.
3. Los efectos humanos como consecuencia de cualquier tipo de actividad económica o residencial.
4. La importancia mundial los aportes de los grandes ríos, que pueden arrastrar mucha contaminación a los océanos.
5. Importancia nacional o regional de los acuíferos, fuente principal o única para una población, agricultura o industria dadas.

Tomando en consideración los **tres objetivos del proyecto (asistencia técnica, control de calidad y vigilancia mundial)**, no sin dificultades y polémicas, se preparó una lista de parámetros para combinar las necesidades nacionales en materia de información. Se han definido tres categorías de parámetros.

Parámetros básicos. Incluyen las sustancias o características que se estiman importantes para la evaluación global de la calidad del agua. Su determinación no supone gastos elevados. Ejemplo: t° , pH, Conductividad, Oxígeno disuelto, Alcalinidad total, sólidos en suspensión, cloruros, amoníaco (como N), Nitratos + nitritos (como N), fluoruros, Fosfatos y coliformes fecales.

Parámetros facultativos. Incluye los que son importantes sólo en puntos concretos y sólo se miden en estaciones en las que está justificado hacerlo. La enumeración resultaría muy prolija y además habría que incluir contaminantes de interés local; a modo de ejemplo indicamos: Carbono orgánico total, Demanda química de oxígeno, distintos metales (Ni, Cu, Zn, As,...), Sulfatos, *Escherichia coli*, Fitoplancton, hidrocarburos aromáticos, transparencia, Ca, Mg, etc.

Parámetros de interés mundial. Comprenden los contaminantes cuya incorporación al medio ambiente tiene una trascendencia a largo plazo debido a la persistencia de los efectos tóxicos y/o a la bioacumulación. Son los Metales pesados, Cadmio, Mercurio, Plomo, Hidrocarburos clorados, e insecticidas como [DDT, DDD y DDE; Aldrina o dieldrina, Lindano (BHC) y PCB].

El **control analítico** de la calidad es la piedra angular del sistema. Su fiabilidad nos permite comparar los datos. Por eso se determinó: la exactitud con la cual debe medirse cada parámetro, el control periódico de la idoneidad de las instalaciones y, por último, unos laboratorios de referencia se encargan de un estudio comparado de los laboratorios de las distintas redes.

Se pueden aplicar una serie de medidas que pueden mejorar la calidad del agua **promoviendo la estabilidad ecológica**:

- **Por restauración del equilibrio fotosíntesis - respiración:** Reducción de las descargas de residuos, reducción de la biomasa, reducción del tiempo relativo de residencia o eliminación de nutrientes, ordenación piscícola, aireación, etc.

- **Por gestión orientada a la conservación:** Repoblación forestal, restricción de monocultivos, zonificación del entorno manteniendo las zonas adyacentes al agua con baja productividad neta, libres de fertilizantes, control de la erosión.
- **Por fomento de la complejidad biológica:** Establecimiento de nichos ecológicos, introducción de algunas poblaciones y organismos, mantenimiento de una biomasa relativamente alta, compatible con el flujo de energía, mantenimiento de la estratificación y recolección selectiva

Las Comisaría de Aguas han sido los órganos de la Administración encargados de la vigilancia de la calidad de las aguas hasta el año 1993. Crearon una red de control de la calidad del agua (red COCA) que cuenta con más cuatrocientas estaciones de muestreo repartidas por las distintas cuencas hidrográficas. En cada una de esas estaciones se analizan hasta 40 parámetros diferentes (OD, DBO, DQO, entre otros), con una frecuencia de muestreo variable según el tipo de control. En 1991 esta red COCA se integra en la Red Integrada de calidad de aguas (Red ICA). Pero a partir de 1993 se ha puesto en marcha el Sistema Automático de Información de calidad del agua (SAICA), que está constituida por estaciones de alerta permanente que realizan análisis de forma continua y transmiten los datos a los controles de la cuenca. Estas estaciones se integran en la red ICA y utilizan para sus comunicaciones el satélite Hispasat.

Así, por ejemplo, control mensual: caudal circulante en el momento de la toma, t° del agua, aspecto, oxígeno disuelto, materias en suspensión, pH, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Otros parámetros se determinan con periodicidad semestral: Contenido en Cloruros, Sulfatos, fluoruros, cianuros, compuestos fenólicos, alcalinidad, Sílice, fosfatos, amonio, nitritos, nitratos Ca, Mg, K, Na, As, Cd, Pb, Se, Zn, , coliformes totales, detergentes, aceites y grasas.

12.4.5. Tratamiento de las aguas residuales

Exponemos este mecanismo de control como un ejemplo de entre los muchos posibles, lo hemos seleccionado por que consideramos que es el que ofrece más posibilidades para que los alumnos los conozcan "in situ".

Las **aguas residuales** son residuos líquidos o sólidos conducidos por el agua, generados en actividades comerciales, domésticas o industriales. Los procesos convencionales de tratamientos de aguas residuales suelen eliminar, en diferentes grados, muchos de los organismos presentes en ellas, aún así pueden permanecer gérmenes patógenos (aguas residuales domésticas), por lo que es preciso su desinfección para reducir los riesgos de contaminación de las aguas receptoras y prevenir el contagio de enfermedades.

a) La **desinfección** puede realizarse mediante cualquier proceso que cree un medio adverso para el microorganismo (luz intensa, calor, oxidantes químicos, etc.). En la práctica se suele utilizar cloro (más en forma de hipoclorito que como cloro gaseoso), el ozono y, en menor medida, iodo, bromo, e incluso radiaciones UV. Los inconvenientes organolépticos de la cloración, pese a su poder desinfectante, y la creciente complejidad de su empleo, así como las interferencias que produce con otras sustancias presentes en el agua, hacen que la ozonización ocupe un lugar cada vez más importante. El potencial de oxidación del ozono es el triple que el del cloro, mejora el sabor y el olor y elimina el color; el mayor inconveniente es su coste más elevado.

b) Estaciones depuradoras (potabilizadoras, purificadoras).

Son las instalaciones para tratar grandes volúmenes de agua. Éste requiere dos operaciones previas: una anterior, recogida de aguas, y otra posterior, evacuación de lodos y demás tipos de desechos. No siempre están diseñadas para tratar, también, residuos industriales.

Los **Pretratamientos** tienen como misión eliminar los materiales gruesos, con el fin de acondicionar el agua para el siguiente tratamiento. Consisten en el desbaste o cribado (mediante rejillas de hierro inclinadas dentro de un canal por donde pasan las aguas); la dilaceración (desmenuzar los grandes residuos para, posteriormente, extraerlos por sedimentación), y el desarenado (separar la arena por sedimentación), para ello pueden emplearse desarenadores de distintos tipos (horizontales, verticales, centrífugos o Geiger, etc.).

Tratamientos. Se puede iniciar en el sistema de alcantarillado, ya que este puede ser separativo o unitario, según que la red de alcantarillado sea distinta para el agua de lluvia y para el agua residual, o no lo sea. El tipo de tratamientos y su grado dependerán del posterior uso del agua, por lo que las depuradoras hay que hacerlas "a la medida".

Tratamiento primario. Se trata de reducir los sólidos en suspensión y acondicionamiento del agua para posteriores tratamientos, algunos de los procesos más comunes son: Sedimentación (mediante decantadores para distintas velocidades de paso del agua); flotación (separa sólidos o líquidos de baja densidad); la neutralización (químicos o biológicos) incluye la homogeneización (mezclar corrientes de distinto pH y, también, para disminuir las variaciones de la DBO) y el control directo sobre el pH.

Tratamiento secundario. Generalmente de tipo biológico. Las aguas residuales se someten a la acción de bacterias, protozoos, etc., que consumen las sustancias orgánicas disueltas que quedan en las aguas; este proceso puede completarse o sustituirse por otro físico-químico. Los dos procesos biológicos más universalmente aceptados son: los **lechos bacterianos** (filtros permeables al aire sobre el que crecen bacterias y protozoos, recubriéndolos a media que consumen la materia orgánica y los coloides en suspensión) y los **Fangos activados** (se oxigenan las aguas, en tanques de aireación, favoreciendo el desarrollo de microorganismos que forman flóculos que consumen la materia orgánica y los coloides; el lodo floculado se separa por un decantador situado a continuación del tanque de aireación). Las aguas residuales industriales con elevada concentración de pesticidas, metales pesados, residuos ácidos y alcalinos, etc., no se pueden tratar con este tipo de tratamientos biológicos aerobios.

Tratamiento terciario. Consisten en costosos procesos físicos, químicos o biológicos para la eliminación de materia orgánica. Entre los procesos físicos más eficaces destaca la **adsorción** con carbón activado. La **ósmosis inversa** o ultrafiltración (desaliniza y retiene la materia orgánica en sus membranas, que hay que reponer); la **electrodialisis** sólo separa sales; los métodos químicos pueden ser eficaces, pero necesitan reactivos más o menos caros para conseguir precipitaciones, floculación, intercambio iónico, etc.

Las técnicas biológicas están creciendo con rapidez, y las técnicas de depuración basadas en procesos naturales, como los **filtros verdes**, están produciendo magníficos resultados.

Los filtros verdes (OPCIONAL)

Se trata de la aplicación de aguas residuales, principalmente domésticas, sobre un terreno con el fin de depurarlas aprovechando el poder depurador del suelo. Hoy se consideran como una importante alternativa de tratamiento para las aguas residuales sobre todo en núcleos de población pequeños y en áreas rurales.

Los sólidos en suspensión se separan por la acción de filtrado del propio suelo (debe preverse tratamientos para el caso de la obstrucción de los poros). procesos químicos de adsorción y precipitación colaboran en la retención de contaminantes por el suelo, y los microorganismos que contienen los descomponen (según el tipo de materia orgánica y la forma en que se presente). Una adecuada cubierta vegetal completa esta acción depuradora, ya que puede mejorar de varias formas la capacidad del suelo para aceptar y transformar los residuos.

Factores que influyen : Clima (la ^{ta} influye el grado de desarrollo de los microorganismos)

Características del suelo [sólo se deben usar suelos agrícolas y forestales; estructura del suelo (horizontes, poros, intercambio de iones, etc.)].

Topografía. (Movimientos superficiales del agua, corrientes subterráneas, pendientes, etc.)

Características del vertido, para no alterar el equilibrio suelo - vegetación.

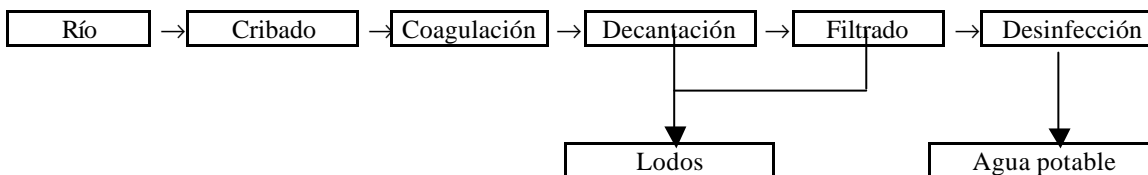
Condicionamientos sociopolíticos, económicos y legales. Temor a epidemias, malos olores, etc., lo que requiere una amplia y eficaz explicación.

Sistemas de aplicación. Incluirían los pretratamientos, riego por aspersión o superficial, etc.

Tratamientos de **percolación** a través del suelo, de eliminación de fosfatos, de extensión en áreas agrícolas, de lagunas de cadenas tróficas, etc., son algunos de los tratamientos de mayor futuro.

Como resultado del proceso de tratamiento, junto al agua más o menos depurada se obtienen también un sedimento residual, comúnmente llamados lodos o fangos. Los procedentes de tratamientos biológicos son los que plantean más y mayores problemas de evacuación (suponen entre un 30 - 50 % de los costos de mantenimiento de una estación depuradora). La mayoría de los países desarrollados, van por el camino de su reutilización y aprovechamiento con fines agrícolas.

Esquema de los tratamientos que se aplican para potabilizar el agua de un río:



12.5. La escasez de los recursos hídricos

Como es evidente el agua constituye un elemento indispensable para cualquier forma de vida, y desde los albores de la Humanidad aparece como condicionante de la actividad humana. El nivel de vida de todas las sociedades está relacionado con el consumo de agua: el avance de los países en vías de desarrollo y de muchas regiones y comarcas de otros países depende, en gran medida, de su capacidad para explotar sus recursos de agua. Un alto nivel de vida requiere un abundante consumo de agua para la agricultura, industria, servicios públicos y usos domésticos.

En términos económicos, el agua constituye un problema cuando la oferta no equilibra la demanda. Y ello no se produce tan sólo cuando hay escasez, sino también cuando aparece en exceso (inundaciones) o es utilizada inadecuadamente. Es por tanto un error pensar que los problemas siempre vienen por su insuficiencia o por el deterioro de su calidad, a veces vienen por una deficiente gestión de este recurso.

Como hemos visto el agua dulce no supone más que el 2'5 % del total, de la que el 70 % se encuentra como hielo en las regiones polares y los glaciares, y cerca del 30 % es agua subterránea. Los lagos de agua dulce contienen cerca de 90.000 Km³, y los ríos unos 2.000 Km³. Como se puede observar, la cifra relativa a los cursos superficiales, que son los que satisfacen casi toda la demanda de agua dulce, es muy pequeña. Sin embargo estas cifras no significan mucho en cuanto a la evaluación de los recursos disponibles, ya que son estáticas; importa más la **dinámica de los sistemas hidrológicos**, y en particular el ritmo al que las aguas de ríos y arroyos se renuevan.

Cuando se estudia el balance hídrico mundial dentro del ciclo hidrológico y desde un punto de vista dinámico, se comprueba que se necesitan miles de años para renovar el volumen de agua almacenado en los océanos y acuíferos, mientras que bastan sólo diez días para la renovación del agua de los ríos y de la atmósfera. Sólo entre el 20-25 % de las precipitaciones anuales caen sobre la tierra firme, de los que un 40 % volverán al mar por escorrentía. Por tanto, el caudal anual de los cursos superficiales es veinte veces superior al volumen de agua presente en los cauces en determinado momento. Con todo estas cifras son poco significativas.

Los fenómenos que se producen dentro del ciclo hidrológico son muy complejos y tanto su análisis cuantitativo como la previsión de disponibilidad de agua son específicos para cada cuenca. Hay que conocer las interacciones entre la escorrentía superficial y subterránea, la evaporación a partir del suelo y de los embalses, y la transpiración. Además, es preciso conocer la influencia de la adecuación de las cuencas hidrográficas en el régimen de crecidas, así como las interacciones entre el caudal de los ríos y la explotación de las capas freáticas.

Se calcula en unos 14.000 Km³. el caudal de agua utilizable a nivel mundial (1/3 de la escorrentía total). La disponibilidad del agua subterránea es poco conocida a pesar de representar un potencial enorme y de especial interés para terrenos áridos y semiáridos.

En España la disponibilidad de agua a partir de la escorrentía superficial subterránea es de algo más de 3000 m³/habitante y año. Sin embargo no se halla equitativamente repartida ni espacial ni temporalmente. Las de menor disponibilidad son Canarias (casi 700 m³/habitante) y la cuenca del Segura (850 m³/habitante), sin embargo en la cuenca del Duero disponen de más de seis mil.

El consumo humano va desde 3 l./habitante/día en las zonas deprimidas, hasta 450 en zonas urbanas y residenciales. Como el agua para el consumo humano debe tener cierta calidad, y dado el nivel de contaminación existente en muchos cursos de agua, es necesario, con frecuencia, tratar el agua para conseguir una calidad adecuada.

A su vez, las aguas residuales que se devuelven a los ríos suelen tener elevados índices de contaminación tanto orgánica como inorgánica, superiores a los que los ríos pueden asimilar y autodepurar, por lo que es necesaria una depuración previa a su vertido. La sobreexplotación de aguas subterráneas para riego puede ocasionar problemas de salinización de los acuíferos.

Salvo en las zonas templadas y húmedas, las aguas utilizadas en agricultura provienen del riego, exigiéndose grandes cantidades. En España la superficie de regadío es superior al medio millón de Ha., que consumen 3 km³ anuales de agua, de los que sólo se recuperarán 0'6. Afortunadamente, el hombre ha mejorado la eficacia del riego y reutiliza cada vez mejor el agua.

Los principales usos industriales del agua se pueden agrupar en tres categorías: para refrigeración, para fabricación (entrando a formar parte de la elaboración de productos), y agua de calentamiento (para producir vapor o asegurar procesos de fabricación). La refrigeración es la que más consume, pero la mayoría es devuelta a los ríos, además no es necesario que sea agua de mucha calidad. El ahorro de agua sólo puede venir por el reciclaje o las mejoras tecnológicas.

La relativa abundancia actual (la demanda supone un 5 % de los recursos potenciales), no esconde la situación de grave carencia en grandes regiones de la Tierra, debido al desequilibrio del reparto de los recursos hídricos, como consecuencia de su carácter regional y temporal. Además, la actual demanda se concentra en determinadas regiones, relativamente poco extensas, pero densamente pobladas, y alejadas de las fuentes de aprovisionamiento más abundantes. Dada la importancia creciente de la contaminación, no sólo es importante la cantidad de agua, sino su calidad, tanto en las zonas tropicales como en las áridas.

Por lo tanto, es evidente que muchas partes del mundo, el aumento de la demanda, el cambio en las formas de aprovechamiento del agua y los problemas de contaminación relacionados, han traído consigo que el agua haya perdido su condición de bien ilimitado para pasar a ser un recurso escaso. Cabe esperar que la moderna tecnología pueda poner al alcance de los hombres unas disponibilidades mucho mayores, gracias a las posibilidades de reutilización de agua de uso industrial y urbano, de aumentar los aprovechamientos de la escorrentía superficial y de los acuíferos subterráneos, e incluso otras posibilidades más remotas como la utilización de agua de mar desalinizada o de agua procedente de la fusión de icebergs.

12.5.1. La gestión del agua

Ante la escasez del agua en muchas zonas es necesario modificar la planificación de los usos y demandas actuales del agua en todos los sectores, doméstico, industrial, agrícola y ecológico. La verdadera causa de la poca eficiencia en el uso del agua es la sobreexplotación y una deficiente gestión de los recursos. Las soluciones pueden ser de carácter general, técnico y político.

La planificación hidrológica pretende la ordenación de los usos del agua, el aumento de la eficiencia de los mismos y el aporte de soluciones de carácter técnico cuando no existan otras posibilidades para hacer frente a las demandas.

➤ MEDIDAS DE CARÁCTER GENERAL

- **Reducción del consumo del sector agrario:** mediante el cambio de los sistemas de riego (riego por impulsos, riego por goteo); mejoras en la práctica de la gestión del agua por parte de los agricultores y de las administraciones.
- **Reducción del consumo en la industria.** Reciclando el agua que se emplea en refrigeración, su reutilización en sistemas cerrados dentro de la industria y la reducción del flujo de agua y pérdidas en la conducción. Se puede incentivar a las industrias que utilicen tecnologías de bajo consumo de agua.
- **Reducción del consumo urbano.** Empleo de instalaciones bajo consumo (electrodomésticos, cisternas, grifos con temporizador, etc.), adaptar los precios del agua al consumo, aplicación del paisajismo xerofítico (eliminar el césped de los jardines), planificación urbana, reutilización de las aguas residuales domésticas,

➤ SOLUCIONES DE CARÁCTER TÉCNICO

- ❑ **PRESAS.** Tienen tres objetivos: regulación del caudal, producción de energía o almacenamiento de agua para la agricultura. La fiebre de construcción de presas se inició con el comienzo de siglo, actualmente el fenómeno prosigue dada la inestabilidad hidrológica, y los incrementos de población. En España actualmente hay 58 presas en construcción. Entre los principales impactos están:

- Retroceso de los deltas de los ríos represados (en el Ródano la descarga sólida ha pasado de 19 millones de Tm/año, a sólo un millón, dejando de crecer el delta) .
- Colmatación (hay ejemplos de reducirse la capacidad del "vaso" a la mitad en sólo 4 años).
- Agua abajo de la presa aumenta el poder erosivo del río al transportar menos sedimentos (tras la presa de Asuán, el Nilo ha profundizado su cauce en sólo 50 años, 3 m).
- Variaciones del nivel freático, inundación de tierras de cultivo, alteraciones en la fauna, concentración de contaminantes, destrucción de tierras agrícolas y evacuación forzosa de campesinos.
- ❑ **RECTIFICACIÓN Y CANALIZACIÓN DE RÍOS.** Iniciados a partir de 1950, con objeto de mejorar las condiciones de navegabilidad o de seguridad ante las crecidas.
Al rectificar los meandros, el río aumenta su pendiente media y por lo tanto aumenta su velocidad y gana capacidad erosiva. El río ensancha el cauce. El aumento de velocidad destruye la vegetación de ribera y cambia drásticamente el hábitat de los peces y otra fauna fluvial, sin contar con la degradación estética.

- ❑ **TRASVASES.** En España están previstos, dentro del marco Plan Hidrológico Nacional (aprobado en el verano del 20001), un conjunto de trasvases, por un total de 1050 Hm³, que deberá estar completados en el año 2012. Los Hm³ del controvertido trasvase del Ebro se reparten así:

❑

CUENCA RECEPTORA	HM ³
CATALUÑA (PIRINEO ORIENTAL)	190
JÚCAR	315
SEGURA	450
SUR (ANDALUCÍA)	95

Las bases declaradas de esta intervención de envergadura son:

- a) Que el volumen máximo a transferir sea fijado por la ley.
- b) Que los Consejos de Aguas conozcan previamente cualquier variación que vaya a producirse.
- c) Que los trasvases sean de agua sobrante (de la que llegaría al mar)
- d) Que vayan acompañados, en los cauces donantes, de obras (tales como nuevas presas) para aprovechar el agua al máximo.
- e) Que las zonas receptoras paguen un canon a las donantes.

Algunos observadores neutrales presagian que esta redistribución acentuará las diferencias entre regiones ricas y pobres. Los planes españoles actuales están diseñados en función de la pluviometría actual, por desconocerse el discurrir del futuro climático.

- ❑ **DESALACIÓN DE LAS AGUAS MARINAS.** Su finalidad es obtener agua potable a partir del agua del mar. Hay varios procedimientos de suprimir las sales, de ellos destacamos dos básicos:
- **Procedimientos Térmicos:** Mediante evaporación y posterior condensación del agua, posteriormente hay que hacerla potable añadiéndole sales, y quitándole acidez y dureza. Se emplean varias técnicas: Evaporación de múltiple efecto (ME), proceso de evaporación multietapa (MSF), compresión de vapor (CV).
- **Procedimientos físico-químicos.** Como el proceso de ósmosis inversa, que es un mecanismo de alta presión. La separación del agua y la sal se realiza a través de membranas semipermeables que permiten el paso de agua, pero o invirtiendo el proceso de ósmosis natural, es decir, por la aplicación de una presión superior a la osmótica, que comprime contra la membrana semipermeable el agua salda, haciendo que ésta pase hacia el otro lado de la membrana, obteniéndose agua desalada
- ❑ **CONTROL EN LA EXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS.** La sobreexplotación de los acuíferos consiste en extraer más agua de la que se repone, para usos fundamentalmente agrícolas. En épocas de sequía se puede llegar a su agotamiento. La sobreexplotación de acuíferos costeros, además del posible agotamiento, plantean serios problemas de salinización de los mismos (si estos se localizan próximos al mar), como ha sucedido en Canarias y en Almería (campo de Dalías).
En casos extremos, para evitar la salinización, se puede acudir al rellenado artificial de los acuíferos. Un caso alarmante relacionado con el uso insostenible de aguas subterráneas es el empleo de

acuíferos fósiles (Arabia Saudí, Libia) que se sitúan a grandes profundidades, cuyas aguas datan de miles de años y cuya recarga no va a ser posible mediante mecanismos naturales o artificiales.

➤ SOLUCIONES DE CARÁCTER POLÍTICO

Han de destacarse la promulgación de leyes que regulen el consumo del agua (Ley de Aguas 29/1985, de 2 de agosto) y la gestión de la misma y las conferencias internacionales que tratan de dar una respuesta global al problema de la escasez de agua. Entre las conferencias internacionales destacamos.

Conferencia del agua de Naciones Unidas (Mar del Plata, 1977), donde se realiza la primera evaluación del agua a nivel mundial.

Conferencia de Río de Janeiro (1992), donde de nuevo se realizó una evaluación de los recursos del agua, llegando a la conclusión de la necesidad de mantener un seguimiento constante de las fuentes, la cantidad y la calidad del agua, así como de las actividades humanas que afectan a dichos recursos. En la llamada Agenda 21 se recoge que la protección y distribución de los recursos hídricos naturales es vital para el desarrollo. Todos los países deberían, entre otras, tener previsto para el año 2.000 programas que recojan medidas de control de los sistemas de desagüe y de los residuos industriales vertidos en el agua.

12.5.2. OPCIONAL. Los recursos hídricos en España y su gestión.

En España el agua es un bien nacional y su gestión corresponde al Estado, según se indica en la ley de Aguas. En 1996 se crea el Ministerio de Medio Ambiente, que se encarga de la gestión del agua como recurso natural, entre otras muchas funciones. Anteriormente el MOPTMA se encargaba de la gestión hídrica.

Las cuencas hidrográficas españolas son: Norte de España, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Sur de España, segura, Júcar, Ebro, Pirineo oriental, Islas Canarias e Islas Baleares. Se estima en 3.000 hm³ el déficit existente entre las distintas cuencas. Este déficit aumenta en épocas de sequía.

El Consejo Nacional del Agua, que se crea con el fin de coordinar y asesorar, es un órgano consultivo y no legislativo. Puede proponer a otros estamentos líneas de investigación tecnológica para conservar, recuperar, tratar y economizar agua. El 1991 se crea un nuevo organismo, llamado Dirección General de Calidad del Agua, cuyo objetivo es preservar y restaurar la calidad del agua.

La planificación hidrológica en España, según se recoge en la Ley de Aguas, pone énfasis en los siguientes objetivos: Aumentar la disponibilidad de agua, proteger su calidad, racionalizar su uso y satisfacer la demanda.

Dicha planificación se lleva a cabo mediante los Planes Hidrológicos de Cuenca y el Plan Hidrológico Nacional (PHN), que define la política hidráulica del estado. Los primeros son elaborados por los organismos de la cuenca, mientras que el segundo lo realiza el ministerio de Medio Ambiente, que coordina los planes de cuenca.

12.5.3. OPCIONAL Apéndice. La red fluvial de la Región de Murcia

Se reduce al río Segura y sus afluentes (el Guadalentín, principal afluente, se comporta más como una rambla que como un río). Fuera de ello sólo quedan algunas ramblas que desaguan directamente al mar (Albujón, Moreras), y el área de cuencas endorreicas del altiplano Jumilla-Yecla.

El escaso caudal con que se introduce el Segura en tierras murcianas y los aportes de sus afluentes elevan el potencial hidráulico anual regional a más de 900 Hm³, con el que se riegan unas 165.000 Ha. y abastece a una población de más de un millón de personas, además de las diferentes instalaciones industriales exigentes en agua para su funcionamiento (Ej. industria conservera). De ahí que tradicionalmente se reclamase a la Administración una actuación conducente a conseguir el aporte de caudales foráneos, hecho que se concretó en el proyecto de trasvase de las aguas del río Tajo al Segura en 1968 y su utilización práctica desde 1978, con una aportación de unos 400 Hm³ anuales, de los que la mitad se utilizan en la región de Murcia.

www.eltemario.com