

# LIBRO ELECTRÓNICO: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE (Autor: Luis Echarri)

## CAPITULO XI: Contaminación del agua

### Importancia del problema

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.

La degradación de las aguas viene de antiguo y en algunos lugares, como la desembocadura del Nilo, hay niveles altos de contaminación desde hace siglos; pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo.

Primero fueron los ríos, las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales las que se convirtieron en sucias cloacas, cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Con la industrialización y el desarrollo económico este problema se ha ido trasladando a los países en vías de desarrollo, a la vez que en los países desarrollados se producían importantes mejoras.

### Temas que se estudian en este capítulo

En este capítulo se estudian varios temas relacionados con este problema, entre los que tienen especial interés:

- El estudio de las diferentes sustancias contaminantes del agua.
- La eutrofización que destruye la calidad de las aguas por el exceso de nutrientes que los desagües de las ciudades y los vertidos agrícolas llevan a lagos y ríos.
- La contaminación de los mares y océanos.

### Alteraciones físicas del agua

Alteraciones físicas	Características y contaminación que indica
<b>Color</b>	<p>El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen.</p> <p>Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación</p>
<b>Olor y sabor</b>	<p>Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.</p>

<b>Temperatura</b>	<p>El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C.</p> <p>Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante.</p>
<b>Materiales en suspensión</b>	<p>Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas)</p>
<b>Radiactividad</b>	<p>Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.</p>
<b>Espumas</b>	<p>Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.</p>
<b>Conductividad</b>	<p>El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C</p>

### Alteraciones químicas del agua

<b>Alteraciones químicas</b>	<b>Contaminación que indica</b>
<b><u>pH</u></b>	<p>Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO<sub>2</sub> formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato.</p> <p>Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.</p>
<b><u>Oxígeno disuelto</u></b> <b><u>OD</u></b>	<p>Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.</p>
<b>Materia orgánica biodegradable:</b> <b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	<p>DBO<sub>5</sub> es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.</p>

<b>Materiales oxidables:</b> <b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	<p>Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente dicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.</p>
<b>Nitrógeno total</b>	<p>Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización.</p> <p>El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.</p>
<b>Fósforo total</b>	<p>El fósforo, como el nitrógenos, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización.</p> <p>El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico.</p>
<b>Aniones:</b>  <b>cloruros</b> <b>nitratos</b> <b>nitritos</b> <b>fosfatos</b> <b>sulfuros</b> <b>cianuros</b> <b>fluoruros</b>	<p>indican salinidad</p> <p>indican contaminación agrícola</p> <p>indican actividad bacteriológica</p> <p>indican detergentes y fertilizantes</p> <p>indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.)</p> <p>indican contaminación de origen industrial</p> <p>en algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida.</p>
<b>Cationes:</b>  <b>sodio</b> <b>calcio y magnesio</b> <b>amonio</b> <b>metales pesados</b>	<p>indica salinidad</p> <p>están relacionados con la dureza del agua</p> <p>contaminación con fertilizantes y heces</p> <p>de efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica; (se estudian con detalle en el capítulo correspondiente)</p>
<b>Compuestos orgánicos</b>	<p>Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.</p> <p>Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor.</p> <p>La contaminación con pesticidas, petróleo y otros hidrocarburos se estudia con detalle en los capítulos correspondientes.</p>

## Alteraciones biológicas del agua

Alteraciones biológicas del agua	Contaminación que indican
Bacterias coliformes	Desechos fecales
Virus	Desechos fecales y restos orgánicos
Animales, plantas, microorganismos diversos	Eutrofización

### Cuadro de enfermedades por patógenos contaminantes de las aguas

Tipo de Micro-organismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente
Bacterias	Tifus	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino.
Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas y vómitos. Dolor en el digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado
Virus	Poliomelitis	Dolores musculares intensos. Debilidad. Temblores. Parálisis. Puede ser mortal
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata
Gusanos	Esquistosomiasis	Anemia y fatiga continuas

## Sustancias contaminantes del agua

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos:

**1. Microorganismos patógenos.** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

**2. Desechos orgánicos.** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos

índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

**3. Sustancias químicas inorgánicas.** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

**4. Nutrientes vegetales inorgánicos.** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

**5. Compuestos orgánicos.** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

**6. Sedimentos y materiales suspendidos.** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

**7. Sustancias radiactivas.** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

**8. Contaminación térmica.** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

## Origen de la contaminación de las aguas

### Idea general

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluviales y marítimos que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

En esta página se consideran las fuentes naturales y antropogénicas de contaminación, estudiando dentro de estas últimas las industriales, los vertidos urbanos, las procedentes de la navegación y de las actividades agrícolas y ganaderas.

### Naturales

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

### De origen humano

Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica.

**1. Industria.** Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante.

Sector industrial	Substancias contaminantes principales
<b>Construcción</b>	Sólidos en suspensión, metales, pH.
<b>Minería</b>	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.
<b>Energía</b>	Calor, hidrocarburos y productos químicos.
<b>Textil y piel</b>	Cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión.
<b>Automoción</b>	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.
<b>Navales</b>	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
<b>Siderurgia</b>	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
<b>Química inorgánica</b>	Hg, P, fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, F, Mn, Mo, Pb, Ag, Se, Zn, etc. y los compuestos de todos ellos.
<b>Química orgánica</b>	Organohalogenados, organosilícicos, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno.
<b>Fertilizantes</b>	Nitratos y fosfatos.
<b>Pasta y papel</b>	Sólidos en suspensión y otros que afectan al balance de oxígeno.
<b>Plaguicidas</b>	Organohalogenados, organofosforados, compuestos cancerígenos, biocidas, etc.
<b>Fibras químicas</b>	Aceites minerales y otros que afectan al balance de oxígeno.
<b>Pinturas, barnices y tintas</b>	Compuestos organoestámicos, compuestos de Zn, Cr, Se, Mo, Ti, Sn, Ba, Co, etc.

**2. Vertidos urbanos.** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.

La Directiva 91/271/CEE de la Unión Europea sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas, aprobada en mayo de 1991, urge a los estados miembros a tomar las medidas para lograr que todas las aguas residuales sean adecuadamente recogidas y sometidas a tratamientos secundarios o equivalentes antes de ser vertidas. Marca diversos objetivos, dependiendo del tamaño de las poblaciones, que se deben cumplir entre el año 1995 y el 2005. También exigía a los estados miembros la identificación de las llamadas áreas sensibles -las sujetas a eutrofización y las que se van a dedicar al consumo humano y no cumplen las condiciones de las anteriores directivas europeas- antes de 1993

La obligada construcción de depuradoras en los municipios está reduciendo de forma importante este tipo de contaminación, pero en España la depuración de aguas residuales es todavía muy insuficiente. Menos de la mitad de la población española trataba sus aguas residuales como lo manda la Directiva Comunitaria al comienzo de los noventa y se calcula que en el periodo 1995- 2005, será necesario invertir más de dos billones de pesetas para cubrir las necesidades de saneamiento y depuración conforme a la legislación comunitaria.

**3. Navegación.** Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.

Según el estudio realizado por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, en 1985 se vertieron al mar unas 3.200.000 Toneladas de hidrocarburos. A lo largo de la década de los ochenta se tomaron diversas medidas para disminuir la contaminación de los mares y la Academia de las Ciencias de EEUU estimaba que se habían

reducido en un 60% los vertidos durante estos años. Se puede calcular que en 1989 se vertieron al océano algo más de 2.000.000 de toneladas. De esta cifra el mayor porcentaje corresponde a las aguas residuales urbanas y a las descargas industriales (en total más del 35%). Otro tercio correspondería a vertidos procedentes de buques (más por operaciones de limpieza y similares, aunque su valor va disminuyendo en los últimos años, que por accidentes) y el resto a filtraciones naturales e hidrocarburos que llegan a través de la atmósfera.

Convenios como el Marpol (Disminución de la polución marina procedente de tierra) de 1974 y actualizado en 1986 y otros, han impulsado una serie de medidas para frenar este tipo de contaminación.

**4. Agricultura y ganadería.** Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas.

La mayoría de los vertidos directos en España (el 65% de los 60 000 vertidos directos que hay), son responsabilidad de la ganadería. Se llaman directos a los vertidos que no se hacen a través de redes urbanas de saneamiento, y por tanto son más difíciles de controlar y depurar.

La legislación española que transcribe la Directiva Comunitaria 91/676/CEE incide en los vertidos de nitratos de origen agrario, sobre todo en las denominadas zonas vulnerables, las aguas subterráneas cuya concentración en nitratos sea superior a 50 mg/L y los embalses, lagos y otros ecosistemas acuáticos que se encuentren en estado eutrófico o en peligro de estarlo.

#### **Tabla de equivalentes de población (contaminantes expresados en DBO o similar)**

<b>Fuente de desechos</b>	<b>Equivalentes población</b>	<b>Fuente de desechos</b>	<b>Equivalentes población</b>
<b>Hombre</b>	1	Vaca	16.4
<b>Plaza de guardería</b>	0.5	Caballo	11.3
<b>Plaza de escuela</b>	0.6	Gallina	0.014
<b>Plaza de camping</b>	0.7	Oveja	2.45
<b>Plaza de hotel</b>	2.1	Cerdo	3
<b>Plaza de hospital</b>	4.0		

Nota: El equivalente de población es el volumen de agua residual o la carga contaminante producida por una persona en una vivienda normal.

## **Contaminación de ríos y lagos**

### **Presentación**

Las aguas superficiales de los continentes fueron las más visiblemente contaminadas durante muchos años, pero precisamente al ser tan visibles los daños que sufren, son las más vigiladas y las que están siendo regeneradas con más eficacia en muchos lugares del mundo, especialmente en los países desarrollados.

### **Redes de vigilancia de calidad de las aguas superficiales**

Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, son sistemas de vigilar la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las agresiones que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información de tipo ambiental, científico y económico sobre los recursos hídricos.

La evaluación de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuáles son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua. El problema reside fundamentalmente en la definición que se haga del concepto "calidad del agua". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O,

como la define la Directiva Marco de las Aguas, como aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla unos determinados Objetivos de Calidad que están fijados en los Planes Hidrológicos de Cuenca.

En España esta red de control se denomina Red ICA (Red Integrada de Calidad de las Aguas) que desde el año 1992 recoge los datos obtenidos en las distintas redes existentes en ese momento como son la Red COCA (Control de Calidad General de las Aguas), la Red COAS (Control Oficial de Abastecimientos) y la Red ICTIOFAUNA que controla la aptitud del agua para la vida piscícola.

Para saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos y después comparar estos datos con unos baremos aceptados internacionalmente que nos indicarán la calidad de ese agua para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas, etc.

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se suelen muestrear mensualmente, mientras que el estudio biológico de las riberas y el lecho del río se suele hacer más esporádicamente, por ejemplo, dos veces al año, una en primavera y otra en verano.

### Parámetros que se estudian en una red típica

Parámetros controlados por la red COCA			
GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	GRUPO D
Caudal	Sólidos disueltos	Sílice	Arsénico
Temperatura	Cloruros	Grasas	Cobre
Oxígeno disuelto	Sulfatos	Cianuros	Hierro
Sólidos en suspensión	Calcio	Fenoles	Manganeso
pH	Magnesio	Fluoruros	Plomo
Conductividad	Sodio	Cadmio	Cinc
DQO al permanganato	Potasio	Cloro hexavalente	Antimonio
DBO5	Fosfatos	Mercurio	Niquel
Coliformes Totales	Nitratos		Selenio
	Nitritos		
	Amoníaco		
	Carbonatos		
	Bicarbonatos		
	Detergentes		

*Nota: Los distintos grupos hacen referencia a la periodicidad con que se muestrean. Los del grupo A siempre mensualmente, mientras que los de los restantes grupos pueden ser mensuales, trimestrales o anuales.*

Parámetros microbiológicos		
Coliformes totales	Estreptococos fecales	Coliformes fecales

Parámetros Bióticos	
Invertebrados bénticos (mayo y agosto)	Peces, anfibios, cangrejos, etc. (mayo y agosto)

Como ejemplo de red se puede ver la distribución y datos de la red española Coca en: <http://195.61.22.30:8088/GENERAL/sqtycca/index.htm>

### Toma de muestras en el río



Para tomar las muestras y hacer las determinaciones analíticas conviene seguir las indicaciones del *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. En estas recomendaciones se dice que hay que hacer la recogida de muestras después de haber lavado el envase varias veces. Hay que dar un pretratamiento a la muestra añadiendo ácido nítrico, sulfúrico o hidróxido sódico, según los casos y trasladarlas rápidamente (8 horas en la situación más desfavorable) al laboratorio en el que se vayan a analizar. Las muestras para los análisis microbiológicos se deben recoger en envases adecuados y estériles.

La toma de invertebrados se suele hacer con redes de mano de tipo Kick, tomando muestras en medio del río, en zonas de corriente, y no en las orillas. Las muestras se lavan y recogen en un frasco con formol al 4%. En el laboratorio se fijan con alcohol al 70%. Se clasifican las muestras al menos hasta el nivel de taxón (especie, género, familia, etc.) exigido por los índices bióticos.

Los peces se capturan con un aparato de pesca eléctrico. Se identifican, se cuentan y se devuelven las especies al río. Lo mismo se hace con los anfibios, cangrejos, etc.

### **Clasificación de la calidad de las aguas**

Hay muchos sistemas de clasificar la calidad de las aguas. En primer lugar se suele distinguir según el uso que se le vaya a dar (abastecimiento humano, recreativo, vida acuática).

Hay directivas comunitarias que definen los límites que deben cumplir un amplio número de variables físicas, químicas y microbiológicas para que pueda ser utilizada para consumo y abastecimiento (75/440/CEE), baño y usos recreativos (76/160/CEE) y vida de los peces (78/659/CEE) y están traspuestas en la legislación española en el R. D. 927/1988 de 29 de julio.

#### **a) Clasificación para consumo humano.**

Las aguas se clasifican en cuatro grupos (ver cuadro) según su calidad para el consumo humano. Para hacer esta clasificación se usan unos 20 parámetros de los que los más importantes son: DQO, DBO<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NTK, conductividad, Cl<sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>, recuentos microbiológicos y algunos metales (Fe, Cu, Cr).

<b>Tipo</b>	<b>Clasificación de las aguas para consumo humano</b>
<b>A1</b>	Aguas potabilizables con un tratamiento físico simple como filtración rápida y desinfección.
<b>A2</b>	Aguas potabilizables con un tratamiento físico-químico normal, como pre cloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.
<b>A3</b>	Potabilizable con un tratamiento adicional a la A2, tales como ozonización o carbón activo.
<b>A4</b>	Aguas no utilizables para el suministro de agua potable, salvo casos excepcionales, y con un tratamiento intensivo.

#### **b) Clasificación para baño y usos deportivos**

De forma similar se determina la aptitud de las aguas para el baño y uso deportivo. En este caso hay que fijarse, sobre todo, en los recuentos microbiológicos, el porcentaje de saturación de oxígeno, y en menor medida, presencia de aceites y grasas y otros caracteres organolépticos (olor, sabor, etc.). Para determinar la aptitud de las aguas para la vida piscícola influye mucho la concentración de nitritos y también el amoníaco no ionizado, que es muy tóxico para los organismos acuáticos, aún a bajas concentraciones; y también, aunque menos, la DBO<sub>5</sub>, amonio, hidrocarburos disueltos y metales (Pb, Cu, Zn) presentes.

#### **c) Otras clasificaciones de calidad de las aguas**

Hay otras formas de definir la calidad de las aguas que se utilizan según lo que interese conocer. Se puede también determinar y clasificar las aguas según un índice de calidad físico-químico:

**ICG** (índice de calidad general), muy utilizado en todo el estado español.

El ICG se obtiene matemáticamente a partir de una fórmula de agregación que integra 23 parámetros de calidad de las aguas. Nueve de estos parámetros, que se denominan básicos, son necesarios en todos los casos. Otros catorce, que responden al nombre general de complementarios, sólo se usan para aquellas estaciones o períodos en los que se analizan. A partir de formulaciones matemáticas que valoran, a través de ecuaciones lineales, la influencia de cada uno de estos parámetros en el total del índice, se deduce un valor final que se sitúa necesariamente entre 0 y 100 de forma que la calidad del agua se considera:

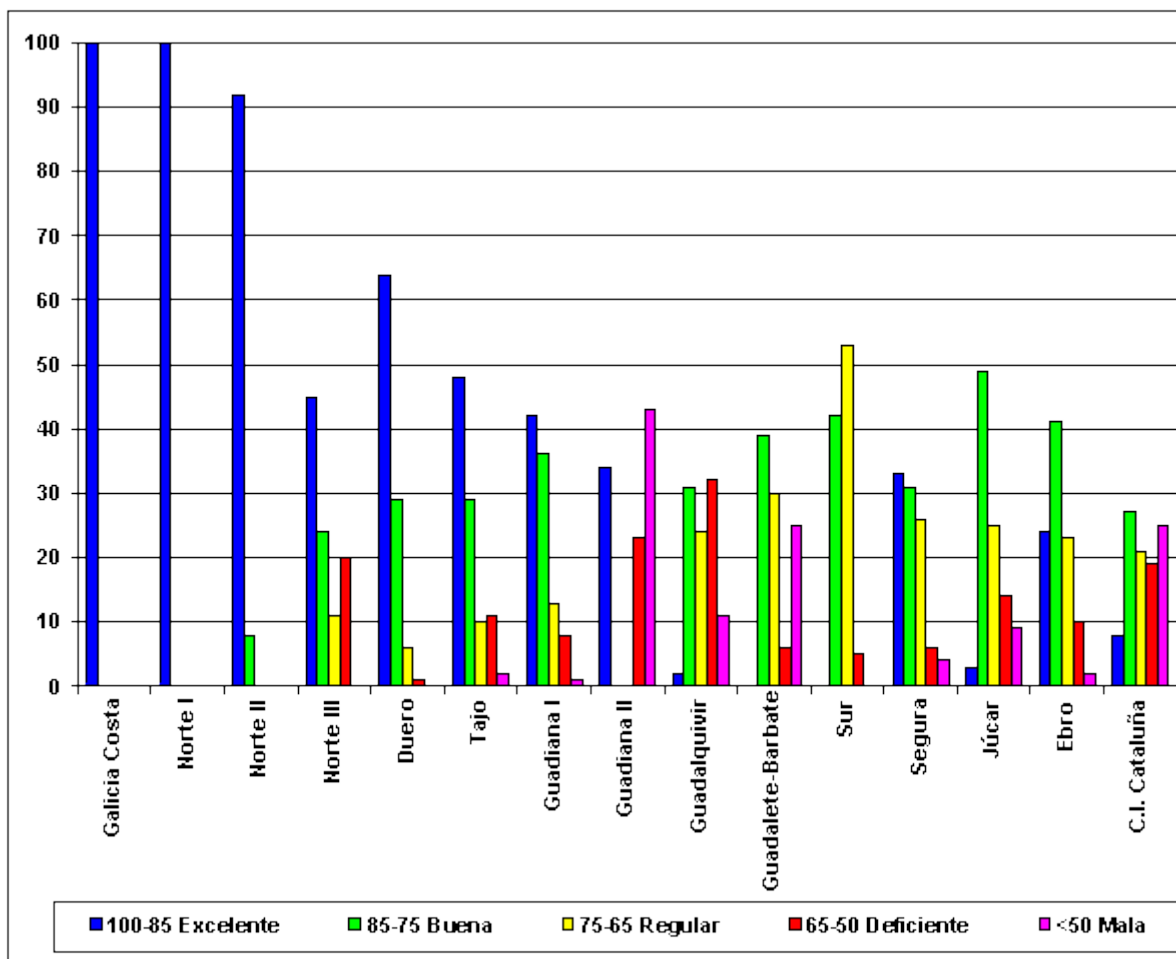
CALIDAD DEL AGUA	ICG
<b>Excelente</b>	entre 85 y 100
<b>Buena</b>	entre 75 y 85
<b>Regular</b>	entre 65 y 75
<b>Deficiente</b>	entre 50 y 65
<b>Mala</b>	menor que 50

Teniendo en cuenta que, en principio, un índice de calidad entre 50 y 0 implica prácticamente la imposibilidad de utilizar el agua para ningún uso y que índices por debajo de 65 comprometen gravemente la mayor parte de los usos posibles, la situación no es del todo satisfactorio en muchas de las cuencas españolas, sobre todo en aquellas en las que las aportaciones naturales en forma de lluvia son más bajas o es más alta la influencia de los vertidos industriales o de la contaminación difusa.

### Figura de calidad de los ríos



**Síntesis de la situación actual de la calidad de las aguas en función de los valores del Índice de Calidad General (porcentaje de tramos según calidad respecto del total de cada cuenca).**



Otra posibilidad es analizar el nivel de mineralización de las aguas por análisis de **conductividad**.

Desde el punto de vista biológico suele interesar clasificar las aguas según el tipo y cantidad de microorganismos presentes o aplicar índices bióticos, como el BMWP, o índices de diversidad que indican la riqueza ecológica de ese tramo del río. Hay modelos, como el SCAF, que determinan el tipo de "ambiente ecológico" de la estación analizada, lo que permite hacer estudios de comparación o determinar que impactos negativos sobre el ecosistema pueden estar afectando a la calidad del río.

**Índice biótico BMWP'** (Biological Monitoring Working Party) de Hellawell modificado por Alba & Sánchez para la Península Ibérica. Con él se determina un índice que suele tener valores entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica, no suele superar el 200. Según el índice se establecen 6 clases de calidad del agua

Clase	Valor del índice	Significado	Color
<b>I</b>	120 >	Aguas muy limpias. Buena calidad	Azul
<b>II</b>	101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible. Calidad aceptable	Azul
<b>III</b>	61-100	Evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
<b>IV</b>	36-60	Aguas contaminadas. Mala calidad	Amarillo

V	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

**Modelo SCAF.-** Se basa en la teoría de la sucesión ecológica. Determina el estado ambiental combinando los índices de diversidad y el índice biótico BMWP'.

Con este modelo se determinan los distintos tipos de estado ambiental del ecosistema. A cada tipo le corresponderán, a su vez, unos usos potenciales

Clase ambiental	Características	Usos potenciales
<b>E1 (ambiente muy duro)</b> <b>Color rojo</b>	Inmadurez extrema Aguas muy contaminadas	Aguas inutilizables (A4) No óptimos para salmónidos y ciprínidos
<b>E2 (ambiente duro)</b> <b>Color marrón</b>	Madurez baja Aguas contaminadas	Potabilizable con tratamiento intensivo (A3). No óptimos para salmónidos y ciprínidos
<b>E3 (ambiente fluctuante)</b> <b>Color amarillo</b>	Madurez media Eutrofización	Potabilizables con tratamiento normal y desinfección (A2). Óptima para ciprínidos. Riego
<b>E4 (ambiente estable)</b> <b>Color azul</b>	Madurez notable Aguas limpias	Tratamiento físico simple y desinfección (A1). Recreativo. Baño Óptima para salmónidos y ciprínidos
<b>E5 (ambiente maduro)</b> <b>Color verde</b>	Madurez plena y ambiente muy heterogéneo. Aguas oligomesotróficas	Todos los usos Óptima para salmónidos y ciprínidos

### Otros índices

**a) Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H).** Se basa en la teoría de la información y se mide en bits/individuo cuando la escala logarítmica usada es la base 2. El valor máximo que adquiere en los ríos para las comunidades de invertebrados benthicos es de 4,5. Valores inferiores a 2,4 - 2,5 indican que el sistema está sometido a tensión (vertidos, dragados, canalizaciones, regulación por embalses, etc. Es un índice que disminuye mucho en aguas muy contaminadas

**b) Índice de diversidad de Simpson-Gini (Y).** Expresa la probabilidad compuesta de que dos individuos extraídos al azar de una comunidad pertenecen a la misma especie. Si dicha probabilidad es alta la comunidad es poco diversa.

**c) Índice de diversidad de McIntosh.** Trabaja los tamaños de las poblaciones de los distintos taxones, indicando la dominancia de alguno o algunos de ellos.

**d) Índice de Berger-Parker (B).** Mide la dominancia del taxón más abundante

Para un ejemplo de situación de los ríos del País Vasco ver <http://www1.ceit.es/assignaturas/ecologia/trabajos/rios/Presenta.htm>

## Contaminación de mares y costas

El vertedero final para una gran parte de nuestros desechos es el océano. A él van a parar gran parte de los vertidos urbanos e industriales. No sólo recibe las aguas residuales, sino que, en muchas ocasiones, se usa para arrojar las basuras o, incluso, los residuos radiactivos.

El 80% de las sustancias que contaminan el mar tienen su origen en tierra. De las fuentes terrestres la contaminación difusa es la más importante. Incluye pequeños focos como tanques sépticos, coches, camiones, etc. y otros mayores como granjas, tierras de cultivo, bosques, etc. Los accidentes marítimos son responsables de alrededor de un 5% de los hidrocarburos vertidos en el mar. En cambio, una ciudad de cinco millones de habitantes acaba vertiendo en un año la misma cantidad que derramó el Exxon Valdez en su accidente en Alaska.

Aproximadamente un tercio de la contaminación que llega a los mares empieza siendo contaminación atmosférica pero después acaba cayendo a los océanos.

En los fondos oceánicos hay, en este momento, decenas de miles de barriles con sustancias como plutonio, cesio o mercurio, resultado de décadas de uso del océano como vertedero para grandes cantidades de desechos. Por ejemplo, como consecuencia de los accidentes sufridos por diversos barcos de guerra desde 1956 hasta 1989, ocho reactores nucleares completos, con todo su combustible, y 50 armas nucleares, se encuentran en el fondo de diversos mares del globo.

El exceso de aporte de nutrientes causa eutrofización en grandes zonas marítimas. En la desembocadura del Mississippi, por ejemplo, una zona de unas 4000 millas cuadradas, en las costas de Texas y Luisiana, ha perdido gran parte de su fauna como consecuencia del enriquecimiento de nutrientes continuado por el excesivo crecimiento de las algas y del empobrecimiento en oxígeno provocado por la putrefacción de estas algas.

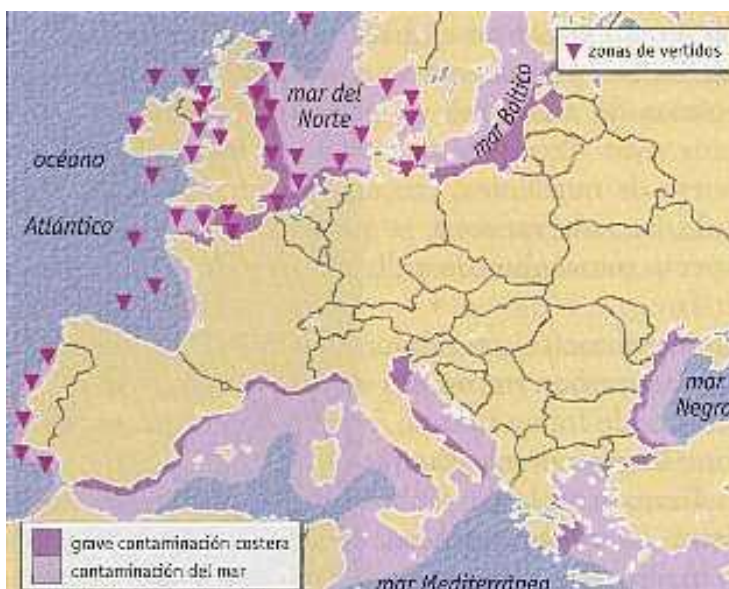
Alrededor del 60% de las especies viven en la franja de 60 Km más próxima a la costa. Todos ellos se ven especialmente afectados por la contaminación que afecta a los mares y océanos, especialmente en la cercanía de las costas, lo que es especialmente importante teniendo en cuenta que, según algunos cálculos, procede de las costas algo más de la mitad de todos los servicios que la naturaleza, en su conjunto, provee a la humanidad (que en un estudio hecho en 1987 se evaluaron en 21.500 miles de millones de dólares)

La capacidad purificadora de las grandes masas de agua marina es muy grande. En ellas se diluyen, dispersan o degradan ingentes cantidades de aguas fecales, hidrocarburos, desechos industriales e, incluso, materiales radiactivos. Por este motivo es muy tentador recurrir al barato sistema de arrojar al mar los residuos de los que queremos deshacernos; pero en muchos lugares, los excesos cometidos han convertido grandes zonas del mar en desiertos de vida o en cloacas malolientes.

## Costas

Las zonas costeras son las que más han sufrido la actividad humana. Una gran parte de la población mundial vive cerca de las costas. Por ejemplo, en Europa, alrededor del 30% de la población vive a menos de 50 km. de la costa; y en España, 12,5 millones de habitantes - número que aumenta considerablemente en verano-, viven en las ciudades situadas en los algo más de 8 000 km. de costa que tiene el país. Así se entiende que una gran parte de las orillas de los mares del mundo tengan graves problemas de contaminación.

Los **vertidos** son la principal fuente de contaminación de las costas. En la mayor parte de los países en vías de desarrollo y en muchos lugares de los desarrollados, los vertidos de las ciudades se suelen hacer directamente al mar, sin tratamientos previos de depuración.



Además, las zonas donde la renovación del agua es más lenta (marismas, estuarios, bahías, puertos) son las más maltratadas. En ellas es frecuente encontrar peces con tumores y graves enfermedades, o moluscos y crustáceos cuya pesca y consumo están prohibidos, porque contienen altas dosis de productos tóxicos.

## **Aguas libres**

Los efectos de los vertidos también se dejan sentir en las aguas libres de mares y océanos. 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.

En algunos casos el exceso de **materia orgánica y de nutrientes** que hacen proliferar las algas, genera procesos de putrefacción tan fuertes, que se consume el oxígeno disuelto en el mar y los peces y otros organismos mueren, originándose grandes "zonas sin vida"

# **Eutrofización**

## **Concepto de eutrofización**

Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácil los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad.

El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

## **Agua eutrófica y oligotrófica**

Cuando un lago o embalse es pobre en nutrientes (oligotrófico) tiene las aguas claras, la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene a pocos animales. Las plantas y animales que se encuentran son los característicos de aguas bien oxigenadas como las truchas.

Al ir cargándose de nutrientes el lago se convierte en eutrófico. Crecen las algas en gran cantidad con lo que el agua se enturbia. Las algas y otros organismos, cuando mueren, son descompuestos por la actividad de las bacterias con lo que se gasta el oxígeno. No pueden vivir peces que necesitan aguas ricas en oxígeno, por eso en un lago de estas características encontraremos barbos, percas y otros organismos de aguas poco ventiladas. En algunos casos se producirán putrefacciones anaeróbicas acompañadas de malos olores. Las aguas son turbias y de poca calidad desde el punto de vista del consumo humano o de su uso para actividades deportivas. El fondo del lago se va rellenando de sedimentos y su profundidad va disminuyendo.

## **Nutrientes que eutrofizan las aguas**

Los nutrientes que más influyen en este proceso son los fosfatos y los nitratos. En algunos ecosistemas el factor limitante es el fósforo, como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas.

En los últimos 20 o 30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos casi se han duplicado. La mayor parte les llega por los ríos. En el caso del nitrógeno, una elevada proporción (alrededor del 30%) llega a través de la contaminación atmosférica. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o saltar al aire por evaporación del amoníaco o por desnitrificación. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión erosionadas o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales.

En condiciones naturales entra a un sistema acuático menos de 1Kg de fosfato por hectárea y año. Con los vertidos humanos esta cantidad sube mucho. Durante muchos años los jabones y detergentes fueron los principales causantes de este problema. En las décadas de los 60 y 70 el 65% del peso de los detergentes era un compuesto de fósforo, el tripolifosfato sódico, que se usaba para "sujetar" (quelar) a los iones Ca, Mg, Fe y Mn. De esta forma se conseguía que estos iones no impidieran el trabajo de las moléculas surfactantes que son las que hacen el lavado. Estos detergentes tenían alrededor de un 16% en peso de fósforo. El resultado era que los vertidos domésticos y de lavanderías contenían una gran proporción de ion fosfato. A partir de 1973 Canadá primero y luego otros países, prohibieron el uso de detergentes que tuvieran más de un 2,2% de fósforo, obligando así a usar otros quelantes con menor contenido de este elemento. Algunas legislaciones han llegado a prohibir los detergentes con más de 0,5% de fósforo.

## **Fuentes de eutrofización**

**a) Eutrofización natural.-** La eutrofización es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes.

**b) Eutrofización de origen humano.-** Los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización son:

- ✓ los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos
- ✓ los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

## **Medida del grado de eutrofización**

Para conocer el nivel de eutrofización de un agua determinada se suele medir el contenido de clorofila de algas en la columna de agua y este valor se combina con otros parámetros como el contenido de fósforo y de nitrógeno y el valor de penetración de la luz.

## **Medidas para evitar la eutrofización**

Lo más eficaz para luchar contra este tipo de contaminación es disminuir la cantidad de fosfatos y nitratos en los vertidos, usando detergentes con baja proporción de fosfatos, empleando menor cantidad de detergentes, no abonando en exceso los campos, usando los desechos agrícolas y ganaderos como fertilizantes, en vez de verterlos, etc. En concreto:

- Tratar las aguas residuales en EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales) que incluyan tratamientos biológicos y químicos que eliminan el fósforo y el nitrógeno.
- Almacenar adecuadamente el estiércol que se usa en agricultura.
- Usar los fertilizantes más eficientemente.
- Cambiar las prácticas de cultivo a otras menos contaminantes. Así, por ejemplo, retrasar el arado y la preparación de los campos para el cultivo hasta la primavera y plantar los cultivos de cereal en otoño asegura tener cubiertas las tierras con vegetación durante el invierno con lo que se reduce la erosión.
- Reducir las emisiones de NOx y amoníaco.

# **Depuración de los vertidos**

## **Idea general**

La mayoría de los vertidos de aguas residuales que se hacen en el mundo no son tratados. Simplemente se descargan en el río, mar o lago más cercano y se deja que los sistemas naturales, con mayor o menor eficacia y riesgo, degraden los desechos de forma natural. En los países desarrollados una proporción, cada vez mayor, de

los vertidos es tratada antes de que lleguen a los ríos o mares en EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales).

El objetivo de estos tratamientos es, en general, reducir la carga de contaminantes del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente. Para cumplir estos fines se usan distintos tipos de tratamiento dependiendo de los contaminantes que arrastre el agua y de otros factores más generales, como localización de la planta depuradora, clima, ecosistemas afectados, etc.

## **Tipos de tratamiento.**

Hay distintos tipos de tratamiento de las aguas residuales para lograr retirar contaminantes. Se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o térmicos. Entre ellos, los más usuales son:

### **a) Físicos**

- ✓ Sedimentación.
- ✓ Flotación.- Natural o provocada con aire.
- ✓ Filtración.- Con arena, carbón, cerámicas, etc.
- ✓ Evaporación.
- ✓ Adsorción.- Con carbón activo, zeolitas, etc.
- ✓ Desorción (Stripping). Se transfiere el contaminante al aire (ej. amoníaco).
- ✓ Extracción.- Con líquido disolvente que no se mezcla con el agua.

### **b) Químicos**

- ✚ Coagulación-floculación.- Agregación de pequeñas partículas usando coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio, polielectrolitos, etc.)
- ✚ Precipitación química.- Eliminación de metales pesados haciéndolos insolubles con la adición de lechada de cal, hidróxido sódico u otros que suben el pH.
- ✚ Oxidación-reducción.- Con oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganato potásico o reductores como el sulfito sódico.
- ✚ Reducción electrolítica.- Provocando la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.
- ✚ Intercambio iónico.- Con resinas que intercambian iones. Se usa para quitar dureza al agua.
- ✚ Osmosis inversa.- Haciendo pasar al agua a través de membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos.

**c) Biológicos:** Usan microorganismos que se nutren con diversos compuestos de los que contaminan las aguas. Los flóculos que se forman por agregación de microorganismos son separados en forma de lodos.

- ✚ **Lodos activos.-** Se añade agua con microorganismos a las aguas residuales en condiciones aerobias (burbujeo de aire o agitación de las aguas).
- ✚ **Filtros bacterianos.-** Los microorganismos están fijos en un soporte sobre el que fluyen las aguas a depurar. Se introduce oxígeno suficiente para asegurar que el proceso es aerobio.
- ✚ **Biodiscos.-** Intermedio entre los dos anteriores. Grandes discos dentro de una mezcla de agua residual con microorganismos facilitan la fijación y el trabajo de los microorganismos.
- ✚ **Lagunas aireadas.-** Se realiza el proceso biológico en lagunas de grandes extensiones.
- ✚ **Degradación anaerobia.-** Procesos con microorganismos que no necesitan oxígeno para su metabolismo.

## **Niveles de tratamiento**

Las aguas residuales se pueden someter a diferentes niveles de tratamiento, dependiendo del grado de purificación que se quiera. Es tradicional hablar de tratamiento primario, secundario, etc, aunque muchas veces la separación entre ellos no es totalmente clara. Así se pueden distinguir:

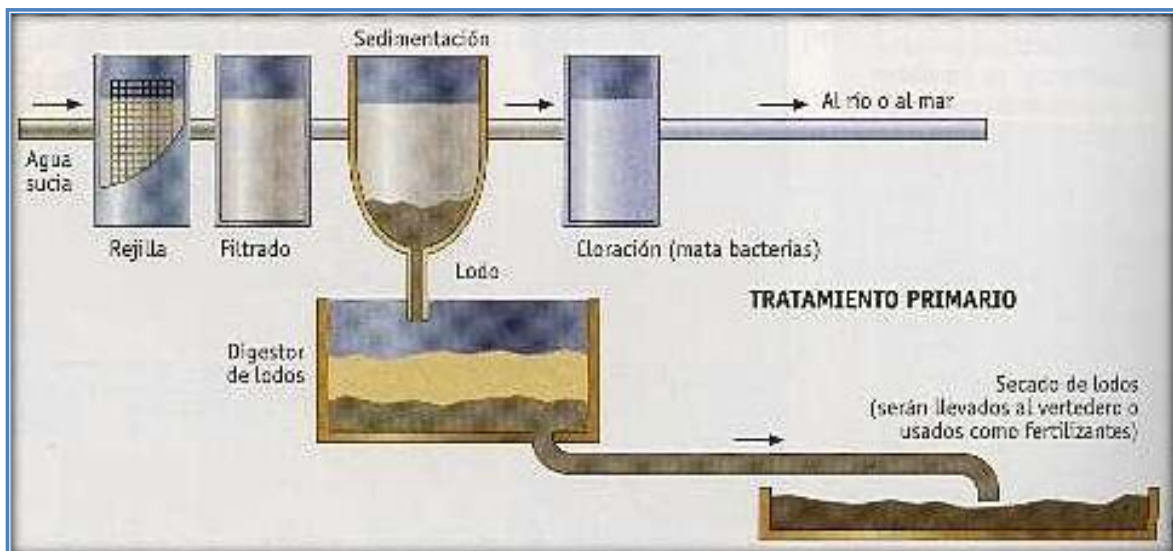


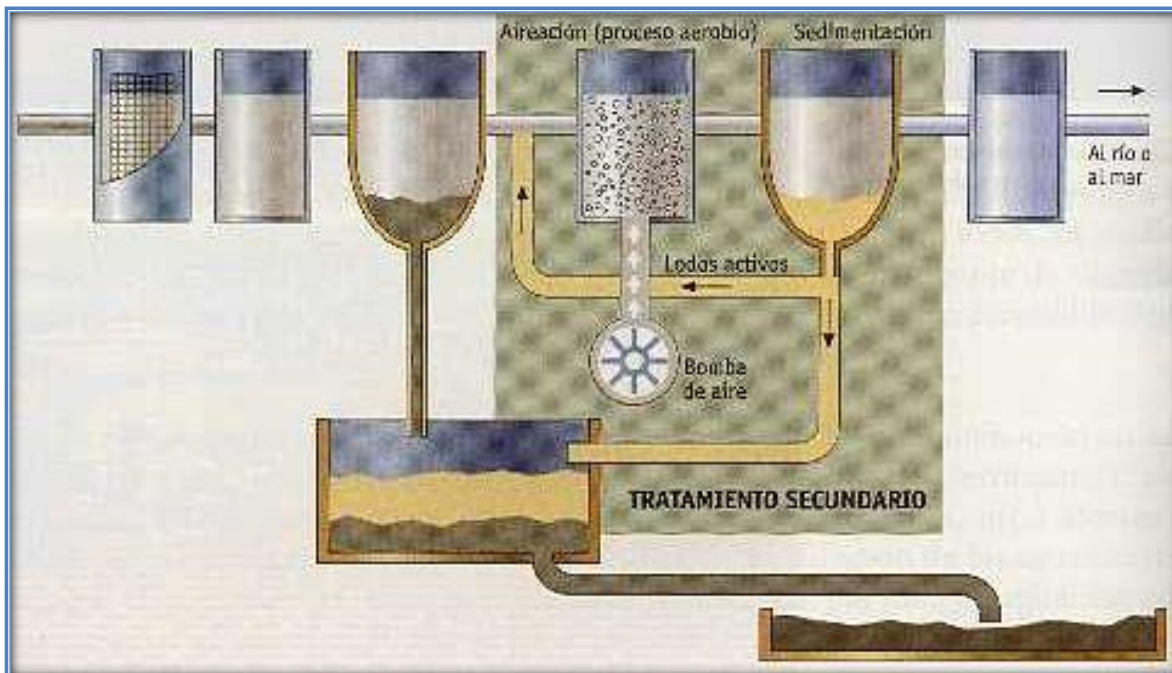
a) **Pretratamiento.**- Es un proceso en el que usando rejillas y cribas se separan restos voluminosos como palos, telas, plásticos, etc.

b) **Tratamiento primario.**- Hace sedimentar los materiales suspendidos usando tratamientos físicos o físico-químicos. En algunos casos dejando, simplemente, las aguas residuales un tiempo en grandes tanques o, en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua contenida en estos grandes tanques, sustancias químicas quelantes que hacen más rápida y eficaz la sedimentación. También se incluyen en estos tratamientos la neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoníaco (desorción). Las operaciones que incluye son el desaceitado y desengrase, la sedimentación primaria, la filtración, neutralización y la desorción (stripping).

c) **Tratamiento secundario.**- Elimina las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias\* digieran la materia orgánica que llevan las aguas. Este proceso se suele hacer llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos (microorganismos). Estos tanques tienen sistemas de burbujeo o agitación que garantizan condiciones aerobias para el crecimiento de los microorganismos. Posteriormente se conduce este líquido a tanques cilíndricos, con sección en forma de tronco de cono, en los que se realiza la decantación de los lodos. Separados los lodos, el agua que sale contiene muchas menos impurezas.

d) **Tratamientos más avanzados.**- Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales: para purificar desechos de algunas industrias, especialmente en los países más desarrollados, o en las zonas con escasez de agua que necesitan purificarla para volverla a usar como potable, en las zonas declaradas sensibles (con peligro de eutrofización) en las que los vertidos deben ser bajos en nitrógeno y fósforo, etc.





## Líneas de tratamiento en las EDAR

En el funcionamiento de una EDAR (estación depuradora de agua) se suelen distinguir dos grandes líneas:

**a) Línea de agua.-** Es el conjunto de los procesos (primarios, secundarios, etc.) que depuran el agua propiamente dicha. Comenzaría con el agua que entra a la depuradora y terminaría en el agua vertida al río o al mar.

**b) Línea de fangos.-** Está formada por el conjunto de procesos a los que se somete a los fangos (lodos) que se han producido en la línea de agua. Estos lodos son degradados en un digestor anaeróbico\* (o en otra forma similar), para ser después incinerados, usados como abono, o depositados en un vertedero.

En una planta depuradora también se generan, además de los lodos, otros residuos (arenas, grasas, objetos diversos separados en el pre tratamiento y en el tratamiento primario) que deben ser eliminados adecuadamente. Se suelen llevar a vertederos o similares.

## Tratamientos especiales: eliminación de N y P

En los casos en los que las aguas que salen de la EDAR se vierten a ecosistemas en peligro de eutrofización es importante eliminar los nutrientes (P y N) que estas aguas pueden llevar, para no aumentar la intensidad de ese proceso.

Para eliminar fósforo se suelen pasar las aguas por un reactor "anaerobio" que facilita una mayor asimilación de ese elemento por las bacterias. Así se llega a eliminar el 60 - 70% del fósforo. Si esto no es suficiente se complementa con una precipitación química forzada por la adición de sulfato de alúmina o cloruro férrico.

La eliminación de nitrógeno se hace en varias fases. En primer lugar, durante el tratamiento biológico habitual, la mayor parte de los compuestos orgánicos de nitrógeno se convierten en amoníaco (amonificación). A continuación hay que conseguir que el amoníaco se convierta a nitratos (nitrificación) por la acción de bacterias nitrificantes (Nitrosomonas y Nitrobacter) que son aerobias. Este proceso de nitrificación necesita de reactores de mucho mayor volumen (unas cinco o seis veces mayor) que los necesarios para eliminar carbono orgánico. Las temperaturas bajas también dificultan el proceso (a 12°C el volumen debe ser el doble que a 18°C). A continuación se procura la eliminación de los nitratos en el proceso llamado desnitrificación. Para esto se usan bacterias en condiciones anaerobias que hacen reaccionar el nitrato con parte del carbono que contiene el agua que está siendo tratada. Como resultado de la reacción se forma CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> que se desprenden a la atmósfera. Para llevar a cabo estos procesos hacen falta reactores de gran volumen, aireación de grandes masas de agua y recirculación de fangos que complican y encarecen todo el proceso de depuración.

## Otros sistemas de depuración



Las aguas subterráneas suele ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación.

### **Problemas en el uso de las aguas subterráneas.**

La explotación incorrecta de las aguas subterráneas origina varios problemas. En muchas ocasiones la situación se agrava por el reconocimiento tardío de que se está deteriorando el acuífero, porque como el agua subterránea no se ve, el problema puede tardar en hacerse evidente. Los principales problemas son:

#### **a) Por agotamiento del acuífero.**

Un buen uso de las aguas subterráneas exige tener en cuenta que, en los lugares en que las precipitaciones son escasas, los acuíferos se van cargando de agua muy lentamente y si se consumen a un ritmo excesivamente rápido, se agotan. Cuando se produce explotación intensiva, sequía u otras causas que van disminuyendo el nivel del agua contenida en el acuífero se derivan problemas ecológicos como, por ejemplo, en las Tablas de Daimiel, Parque Nacional situado en La Mancha formado por zonas húmedas muy ricas en aves. La explotación creciente para usos agrícolas del acuífero 23 que nutre de agua al Parque ha hecho que en los años de pocas lluvias grandes áreas de las Tablas se queden sin agua.

Cuando estos acuíferos se encuentran en la costa, al ir vaciándose de agua dulce, van siendo invadidos por agua salada (intrusión) y queda inutilizados para el uso humano. En la costa mediterránea española prácticamente todos los acuíferos están afectados por este problema y necesitan una mejora urgente de su explotación o de sus sistemas de control y, en muchos casos, es imprescindible permitir que se recarguen de agua antes de seguir explotándolos.

#### **b) Por contaminación de las aguas subterráneas.**

Se suelen distinguir dos tipos de procesos contaminantes de las aguas subterráneas: los "puntuales" que afectan a zonas muy localizadas, y los "difusos" que provocan contaminación dispersa en zonas amplias, en las que no es fácil identificar un foco principal.

Actividades que suelen provocar contaminación puntual son:

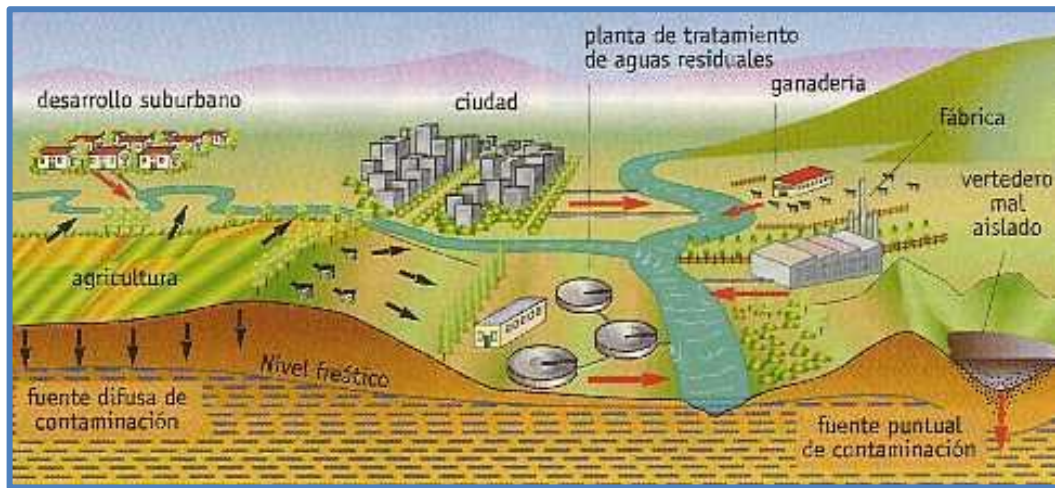
- ✓ Lixiviados de vertederos de residuos urbanos y fugas de aguas residuales que se infiltran en el terreno.
- ✓ Lixiviados de vertederos industriales, derrubios de minas, depósitos de residuos radiactivos o tóxicos mal aislados, gasolineras con fugas en sus depósitos de combustible, etc.
- ✓ Pozos sépticos y acumulaciones de purines procedentes de las granjas.

Este tipo de contaminación suele ser más intensa junto al lugar de origen y se va diluyendo al alejarnos. La dirección que sigue el flujo del agua del subsuelo influye de forma muy importante en determinar en que lugares los pozos tendrán agua contaminada y en cuáles no. Puede suceder que un lugar relativamente cercano al foco contaminante tenga agua limpia, porque la corriente subterránea aleja el contaminante de ese lugar, y al revés.

La contaminación difusa suele estar provocada por:

- Uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura o en las prácticas forestales.
- Explotación excesiva de los acuíferos que facilita el que las aguas salinas invadan la zona de aguas dulces, por desplazamiento de la interfase entre los dos tipos de aguas.

Este tipo de contaminación puede provocar situaciones especialmente preocupantes con el paso del tiempo, al ir cargándose de contaminación, lenta pero continuamente, zonas muy extensas.



## Depuración

Los acuíferos tienen una cierta capacidad de autodepuración, mayor o menor según el tipo de roca y otras características. Las sustancias contaminantes, al ir el agua avanzando entre las partículas del subsuelo se filtran y dispersan y también son neutralizadas, oxidadas, reducidas o sufren otros procesos químicos o biológicos que las degradan. De esta manera el agua va limpiándose.

Cuando la estructura geológica del terreno facilita una zona amplia de aireación, los procesos de depuración son más eficaces. También es muy favorable la abundancia de arcillas y de materia orgánica. En cambio en los depósitos aluviales o las zonas kársticas la purificación del agua es mucho más difícil y este tipo de acuíferos son mucho más sensibles a la contaminación.

Es muy importante, de todas formas, tener en cuenta que las posibilidades de depuración en el acuífero son limitadas y que el mejor método de protección es, por tanto, la prevención. No contaminar, controlar los focos de contaminación para conocer bien sus efectos y evitar que las sustancias contaminantes lleguen al acuífero son los mejores métodos para poder seguir disfrutando de ellos sin problemas.

Cuando un acuífero está contaminado y hay que limpiarlo el proceso es muy difícil y muy caro. Se han usado procedimientos que extraen el agua, la depuran y la vuelven a inyectar en el terreno, pero no siempre son eficaces y consumen una gran cantidad de energía y dinero.

## Uso y calidad del agua subterránea en España

Alrededor de la cuarta parte del agua utilizada en España es de origen subterráneo. Con ella se atiende a las necesidades de más de un tercio de la población y se riega algo menos que un tercio de la superficie total regada. En las zonas más secas es la fuente fundamental de agua, mientras que en zonas más húmedas, como Galicia, es un recurso complementario.

Controlar la calidad de las aguas subterráneas es más caro y difícil que hacerlo con las superficiales. En España existen más de 11 000 puntos de análisis y en 6000 de ellos hay controles periódicos de la calidad.

Los principales problemas de los acuíferos son de contaminación difusa. Principalmente por contaminación con nitratos y por invasión de agua salada. Las contaminaciones puntuales no son un grave problema, exceptuando algunas zonas muy concretas en núcleos industriales o junto a grandes poblaciones.

El problema más preocupante es el de los altos niveles de concentración de nitratos en algunos depósitos de aguas subterráneas. El límite máximo permitido por la reglamentación es de 50 mg/l en el agua de abastecimiento de la población, y en los abastecimientos de más de un millar de municipios, que reúnen a más de dos millones de habitantes, principalmente de la zona mediterránea, se han

detectado cantidades superiores a esa cifra. De los 88 sistemas acuíferos censados en el Atlas Nacional en 1992, la mitad presentan puntos con concentraciones de nitrato superiores a 50 mg/L. De ellos sólo una cuarta parte evolucionan favorablemente en los últimos años. El resto se mantiene estable en sus niveles de contaminación o empeora.

Generalizando se puede decir que los acuíferos de la zona norte se encuentran en situación buena, mientras que los de la zona mediterránea, entre Gerona y Málaga se encuentran muy afectados por este problema. También están en una situación bastante deteriorada los de las cuencas de los ríos Guadiana y Júcar y algunas zonas de las del Tajo y Duero, especialmente en las provincias de Badajoz, Ciudad Real y Albacete. Asimismo es mala la situación en Mallorca y en algunas zonas de Tenerife y Gran Canaria.

El exceso de nitratos se da precisamente en las zonas en las que los acuíferos son más utilizados. En zonas cálidas en las que se puede usar agua subterránea para regar, las cosechas pueden ser muy buenas y tempranas, lo que posibilita muy buenos rendimientos económicos. Por eso se cultiva más intensamente y el campo necesita ser fertilizado con nitratos. Si se usa una cantidad excesiva de estos, el agua los acaba arrastrando al acuífero y se establece un ciclo que hace que cada vez haya más compuestos de nitrógeno acumulados en las aguas subterráneas.

El otro proceso preocupante es el de entrada de agua salada en los acuíferos cuando estos son sobreexplotados. También este problema es especialmente acuciante en la zona mediterránea, en acuíferos cercanos a la costa. Estos acuíferos limitan con aguas subterráneas salinas, situadas bajo el mar, y cuando se retira demasiada agua dulce de ellos, la interfase se desplaza, penetrando el agua salina en zonas en las que sólo había agua dulce hasta entonces. Cuando pasa esto no sólo se ve amenazado el suministro de agua para las poblaciones y el regadío, sino que también se producen daños en los ecosistemas que dependían de la descarga de aguas de estos acuíferos.