

TEMA 4. LA HIDROSFERA.

1. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS DE HIDROSFERA.

La hidrosfera es la capa de agua que rodea la Tierra. El agua circula continuamente de unos lugares a otros, cambiando su estado físico, en una sucesión cíclica de procesos que constituyen el denominado ciclo hidrológico, el cual es la causa fundamental de la constante transformación de la superficie terrestre. La energía necesaria para que se puedan realizar esos cambios de estado del agua y el ciclo hidrológico procede del Sol. En resumen es una cubierta dinámica, con continuos movimientos y cambios de estado, que regula el clima, participa en el modelado del relieve y hace posible la vida sobre la Tierra. La hidrosfera es también responsable de riesgos geológicos externos como inundaciones, muchos deslizamientos del terreno, algunas subsidencias del terreno...

La hidrosfera se formó por la condensación y solidificación del vapor de agua conteniendo en la atmósfera primitiva. El agua cubre casi las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra. La mayoría (97%) es agua salada que forma mares y océanos y, una pequeña parte (3%), se encuentra en la atmósfera y sobre los continentes, generalmente en forma de agua dulce. Esta última parte se encuentra de mayor a menor cantidad de agua: hielo > agua subterránea > lagos, embalses, pantanos, ríos > atmósfera > biosfera (seres vivos).

Entre las características de la hidrosfera destacamos su composición mineral, salinidad, contenido en oxígeno, variación de la temperatura con la profundidad y densidad:

-Composición del agua del mar y del agua continental.

La salinidad media de mares y océanos es de 35 gr/l (3,5%), las sales principales son el Cl^- y el Na^+ , y en menor proporción SO_4^{2-} , Mg^{2+} y otros iones, mientras que la salinidad de las aguas continentales varía muchísimo dependiendo de las rocas por donde discurra el agua (si son rocas muy solubles el agua se carga de sales superando la salinidad del mar), también puede variar su composición química dependiendo de la naturaleza de los terrenos que atraviesan, aunque en general, en las aguas continentales predominan los aniones CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- y los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} .

-Características del agua oceánica: salinidad, temperatura: termoclina. Densidad y contenido en oxígeno.

Salinidad: es la concentración total de los iones disueltos presentes en el agua. La salinidad media de mares y océanos es de 35 gr/l, aunque existen variaciones de unos mares a otros debido a la mayor evaporación que concentra las sales (Mar Mediterráneo 38 g/L, Mar Rojo 40 g/L, Mar Muerto 226 g/L) o al aporte de aguas dulces como las procedentes de la fusión glacial (Mar Báltico 5 g/L).

Temperatura: varía en los océanos con la profundidad y la latitud (latitudes bajas presentan aguas cálidas mientras que latitudes altas aguas frías). En las latitudes medias y bajas es típica la presencia de 3 capas en profundidad con diferentes características térmicas:

- **Capa superficial o epilimnion:** afectada por la temperatura exterior y la radiación solar, tiene una profundidad de unos 200 metros, la temperatura (de 12 a 30 °C según latitud) suele ser bastante uniforme gracias también a la mezcla que produce el oleaje.

- **Capa de transición o termoclina:** situado debajo de la anterior capa cálida, aquí se produce un descenso brusco de la temperatura con la profundidad, el límite es muy variable, según la latitud y

estación del año, pudiendo llegar a 1.000 metros de profundidad. Esta agua fría (más densa) situada debajo de la cálida (menos densa) impide la mezcla del agua cálida con las aguas profundas.



- **Capa profunda o hipolimnion:** presenta temperaturas frías (0-5 °C) y constantes (con poca o nula variación térmica, aunque en algunos casos disminuye la temperatura muy lentamente con la profundidad), ya que la termoclina impide la mezcla con las aguas cálidas superficiales, por lo que también disminuye e incluso puede desaparecer el oxígeno disuelto.

Esta diferenciación térmica se aprecia durante todo el año en las zonas tropicales, en verano en las zonas templadas (en invierno no hay termoclina) y no existe en las regiones frías (en latitudes árticas y antárticas, la temperatura del agua superficial es cercana a los 0 °C, con lo que varía muy poco con la profundidad y así, no hay diferentes capas).

Densidad: la densidad del agua oceánica es algo mayor que la del agua pura, variando en proporción directa con la salinidad (más sales más densidad) y en proporción inversa con la temperatura (más temperatura menos densidad). De estos dos factores, tiene una mayor incidencia la temperatura, por lo que el agua más densa es la de los mares polares.

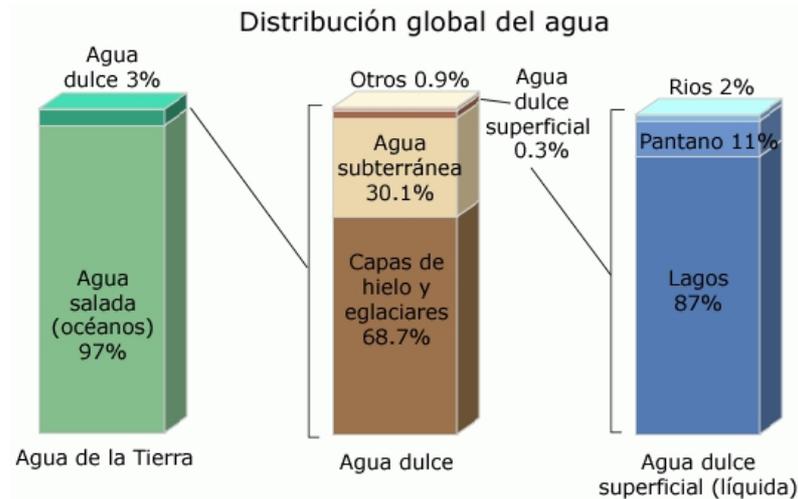
La distinta densidad de las masas de agua provoca su desplazamiento tanto en horizontal como en la vertical, de manera que las más densas se colocan por debajo de las más ligeras. Así las variaciones de densidad constituyen un factor determinante en la dinámica oceánica (responsable junto con la dinámica atmosférica de suavizar las diferencias de temperatura en la Tierra).

Contenido en oxígeno: Los gases disueltos en el agua son los mismos que componen el aire libre, pero en diferentes proporciones, condicionadas por la aportación atmosférica y diversos factores. La temperatura y la salinidad influyen reduciendo la solubilidad de los gases cuando cualquiera de esos dos parámetros aumenta. Otros factores son la actividad metabólica de los seres vivos. El oxígeno (O₂) abunda sobre todo en la superficie, donde predomina la fotosíntesis sobre la respiración, y suele presentar su mínimo hacia los 400m de profundidad, donde los efectos de la difusión desde el aire libre y de la fotosíntesis ya no alcanzan, pero donde todavía es alta la densidad de organismos consumidores, que lo agotan. En resumen, las aguas más agitadas, frías y con abundantes organismos fotosintéticos tendrán más oxígeno.

2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA.

97% salada (océanos y mares)

3% dulce (hielo > agua subterránea > lagos-embalses, pantanos, ríos > atmósfera > biosfera).



3. CONCEPTO Y BALANCE DEL CICLO HIDROLÓGICO.

El ciclo hidrológico es posible debido a unos procesos que hacen pasar el agua de unos compartimentos de la hidrosfera a otros, en algunos casos con cambio de estado incluido. Estos procesos son: evaporación, evapotranspiración, condensación, precipitación, infiltración y escorrentía. Tanto el agua de escorrentía como la infiltrada en el terreno (agua subterránea) se dirigen de vuelta al mar cerrando el ciclo. Para que se produzcan estos procesos es necesaria la energía del Sol (produce la evaporación y evapotranspiración) y la fuerza de la gravedad (causa precipitaciones, escorrentía y la infiltración).



Balace: en los océanos se evapora más cantidad de agua de la que se precipita en los océanos. En los continentes precipita más agua de la que se evapora en los continentes. Los continentes por lo tanto, tienen un balance positivo del agua y los océanos tienen un balance negativo. Esta diferencia se ve compensada por el agua que regresa a los océanos desde los continentes. Entonces el balance global del ciclo hidrológico está equilibrado.

4. LA CONTAMINACIÓN HIDRICA: DETECCION, CORRECCION Y PREVENCIÓN.

4.1 CONTAMINACION DE LAS AGUAS. CONCEPTO.

El agua está contaminada cuando su composición o su estado natural se ven modificados, de tal modo que el agua pierde las condiciones aptas para los usos a los que estaba destinada. Así, un agua contaminada presenta alteraciones en sus propiedades físicas (temperatura, color, densidad o radiactividad) y químicas (composición) que la hacen inadecuada para su uso, especialmente en el consumo humano o para su función ecológica.

La ley de aguas (en su artículo 85) define la contaminación del agua como la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función biológica.

4.2 ORIGEN Y TIPOS DE CONTAMINACIÓN.

4.2.1 Contaminación natural.

Sin intervención humana. Suelen ocasionar la presencia en el agua de partículas sólidas minerales, debido a los procesos erosivos y de transporte o a erupciones volcánicas, y de partículas orgánicas procedentes de restos vegetales o de cadáveres o excrementos de animales. La capacidad autodepuradora del agua es suficiente para eliminarlos.

4.2.2 Contaminación antrópica

Con intervención humana. A su vez, dependiendo del uso que haya producido la contaminación. Se pueden distinguir tres tipos.

Urbana o doméstica. Resultado del uso del agua en viviendas, actividades comerciales y servicios. El agua suele presentar restos fecales, restos de alimentos y productos químicos procedentes de detergentes, lejías, cosméticos, productos de bricolaje, etc. Además, suele contener gran cantidad de microorganismos, algunos patógenos.

Agrícola y ganadera. Es una fuente de contaminación muy seria. Se produce por el uso de abonos, fertilizantes, plaguicidas, etc. Los componentes de estos productos son arrastrados por el agua de riego o lluvia o por el agua utilizada en la limpieza de los enseres agrícolas, en la limpieza de establos, corrales, etc. Esta agua lleva estiércol y orines, materia orgánica en suspensión, sales minerales, productos tóxicos empleados en los plaguicidas y microorganismos. Generalmente, estos restos pasan a contaminar las aguas subterráneas. En nuestro caso, en el campo de Cartagena, vía agua subterránea o vía escorrentía por las ramblas, estos contaminantes llegan en grandes cantidades al Mar Menor, siendo responsables entre otros problemas de la gran proliferación de medusas.

Industrial. La actividad industrial produce un gran impacto debido a la gran variedad de contaminantes que puede aportar el agua, tanto productos sólidos y líquidos como formas de energía: materia orgánica, metales pesados, acidificación, alcalinización, aceites, grasas, incremento de la temperatura, cambios de pH, radiactividad, etc.

Otras fuentes (vertederos, fugas, escapes...)

- Vertederos de residuos: urbanos, industriales o agrarios.
- Fugas y escapes en conducciones y depósitos de origen urbano o industrial. Los líquidos residuales del lavado y otros tratamientos a que son sometidos los minerales y rocas que se extraen de un yacimiento, que contienen ácidos, metales pesados y otras sustancias peligrosas, pueden contaminar las aguas y los suelos de las zonas cercanas; por eso, suelen almacenarse en grandes balsas para ser sometidos a una depuración previa a su vertido. Sin embargo, si se producen fugas, como ocurrió con la rotura de la balsa de la mina de Aznalcollar (cerca del parque de Doñana) se producen grandes desastres ecológicos.
- Uso de automóviles: produce aceites lubricantes, baterías, anticongelantes, combustible, etc.
- Accidentes y limpieza de petroleros: provoca la aparición de las mareas negras.

Muchos de los contaminantes de origen antrópico son bioacumulables, es decir, se va incrementando su concentración a lo largo de las cadenas tróficas hasta alcanzar valores tóxicos que llegan a ocasionar la muerte del individuo. Esto es debido a que son compuestos sintéticos (creados por el hombre) como el DDT, componentes de plásticos..., que normalmente no aparecen en la naturaleza como los metales pesados, y por tanto, no existen organismos, ni siquiera bacterias, capaces de metabolizarlos y biodegradarlos.

4.3 TIPOS DE CONTAMINANTES.

4.3.1 Contaminantes físicos: cambios de T^a; radiactividad; partículas en suspensión.

4.3.1.1 Cambios de temperatura.

Aumento o disminución de la temperatura. Su origen es debido a las actividades de refrigeración (se enfrían los motores o cámaras de vapor industriales, sobre todo de centrales nucleares y centrales térmicas que producen energía eléctrica), centrales hidroeléctricas (el agua de las turbinas se vierte al río con una temperatura más baja cuando en las anteriores era temperatura mucho más alta).

Los efectos que produce son la modificación en la fauna y flora en mayor o menor grado según la importancia de la variación (la trucha y el salmón por ejemplo son peces de agua fría y desaparecerían si aumenta la temperatura), interferencia en la duración de los ciclos biológicos de algunas especies (en el crecimiento o en la reproducción, por ejemplo muchos insectos aumentan en número por crecimiento más rápido y más puestas cuando aumenta la temperatura porque piensan que son poiquilotermos y con bajas temperaturas su metabolismo es más lento porque tienen el cuerpo a menor temperatura) y variación del oxígeno disuelto (disminuye con el incremento de la temperatura, pudiendo morir peces y muchos otros animales por la disminución del oxígeno al aumentar la temperatura del agua), sobre todo si existe contaminación con materia orgánica, donde la temperatura aumenta la velocidad de las reacciones químicas, con lo que las bacterias descomponedoras aerobias gastan el oxígeno a mayor velocidad. En ausencia de oxígeno se favorece el desarrollo de microorganismos patógenos. A mayor temperatura se aumenta la solubilidad de sales y compuestos orgánicos, modificando la composición química del agua, ya que algunos de estos compuestos podrían ser tóxicos y alterar el ecosistema acuático.

4.3.1.2 Radiactividad.

El origen de las partículas radiactivas es: las centrales nucleares, minas de uranio, residuos radiactivos procedentes de centros de investigación, hospitales, volcanes (gas radón radiactivo), industria armamentista... Los submarinos nucleares pueden pasar meses sumergidos gracias a su reactor nuclear, pero sus residuos han contaminado los mares de todo el mundo. Según testimonios de soldados rusos, los contenedores con residuos radiactivos se tiraban directamente al mar y si no se hundían rápidamente los ametrallaban para abrirles agujeros. Otro caso que merece mencionarse fue el vertido indiscriminado de bidones con residuos nucleares al fondo

marino (por ejemplo cerca de las costas gallegas) hasta principios de los años 80, cuando fue prohibido por la convección de Londres. Actualmente, muchos de estos bidones presentan corrosiones y agrietamientos, por donde pueden pasar los radioisótopos al agua marina y afectar, por tanto, a las redes tróficas por bioacumulación (recuerda que los seres humanos estamos en los últimos eslabones de las redes tróficas, por lo que la acumulación de radioisótopos es mayor en nosotros que en muchas otras especies).

Los efectos que producen son cáncer; alteraciones genéticas, malformaciones congénitas... Se produce acumulación en lodos de ríos, embalses y fondos oceánicos.

4.3.1.3 Partículas en suspensión.

Existen materiales en suspensión inorgánicos (lodos, arenas, etc.) y orgánicos (restos vegetales y animales, restos de alimentos, papeles...). Su origen es variado: aguas residuales domésticas, urbanas, agrícolas o industriales, explotaciones mineras, sedimentos transportados hasta el medio acuático por los agentes geológicos externos...

Los efectos que producen son aumento de la turbidez, dificultando la fotosíntesis y la visibilidad, respiración y movilidad de los animales. Modificación de las propiedades físicas del agua, olor, sabor y color, incremento de la actividad bacteriana aeróbica (eutrofización), obstruyen los sistemas de filtración de organismos acuáticos, sobre la superficie de las partículas se pueden agregar contaminantes, favoreciendo su introducción y transporte en el medio. Cuando los sólidos en suspensión coagulan y forman flóculos, sedimentan en el fondo, perjudicando a los organismos que viven allí (larvas de insectos, huevos de peces...).

4.3.2 **Contaminantes químicos.**

4.3.2.1 Variaciones de pH.

Los ácidos y álcalis causan variaciones en el pH de las aguas, que influyen en los organismos, máxime cuando muchos de estos compuestos son tóxicos y su toxicidad aumenta normalmente con el pH y la temperatura. Los ácidos contaminantes pueden proceder de actividades industriales como tintorerías, galvanoplastia, destilerías del petróleo..., pero las principales fuentes son dos: la lluvia ácida (donde los ácidos fuertes sulfúrico y nítrico acidifican ríos y lagos del mundo) y la minería del carbón, donde los compuestos de azufre se disuelven, se oxidan y producen ácido sulfúrico. Pocas especies resisten un pH ácido (la actividad biológica normal en el agua se desarrolla a un pH entre 6 y 8,5) y además un agua ácida favorece la disolución de metales, envenenándose lentamente.

4.3.2.2 Cloruros y sulfatos

El cloruro sódico (sal común) y los sulfatos producen la salinización del agua, que determina qué tipo de organismos habitan esas aguas (por ejemplo hay peces como el fartet que tolera el agua muy salada, pero otros como la trucha necesitan aguas dulces) ya que la salinización (el contenido en sales) afecta a la presión osmótica del medio que puede producir la entrada excesiva del agua en los organismos (baja concentración de sales, es decir baja presión osmótica) o la salida de agua de los organismos deshidratándolos (alta concentración de sales, es decir alta presión osmótica) si no están debidamente adaptados a esas presiones osmóticas (cada organismo tiene un intervalo de salinidad al que está adaptado por eso no puedes meter un pez de agua dulce en el mar ni viceversa porque moriría).

4.3.2.3 Fosfatos

Los fosfatos (y los nitratos también, incluso los sulfatos: los nitratos son la fuente de nitrógeno con la que los vegetales sintetizan su materia orgánica, los sulfatos son la fuente de azufre y los fosfatos de fósforo) son sales minerales (nutrientes) necesarias para los organismos fotosintéticos, por lo que en cantidades muy superiores a la habitual se produce la proliferación desmesurada de organismos fotosintéticos, llegando incluso a cubrirse toda la superficie del agua con organismos fotosintéticos, no entrando

luz al interior y produciéndose la muerte y descomposición de los que permanecen abajo, la descomposición de los organismos fotosintéticos muertos acaba con el oxígeno, lo que provoca la muerte de los organismos aerobios como los peces. Este proceso se conoce como **eutrofización** (se verá más adelante). Los fosfatos son nutrientes generalmente en concentraciones muy bajas comparadas con el resto de nutrientes como los nitratos, por eso son sustancias limitantes que controlan el crecimiento de los vegetales y demás organismos fotosintéticos (pueden aumentar los nitratos pero si no hay suficientes fosfatos no se produce proliferación de organismos), por lo que la contaminación con fosfatos produce un desequilibrio del ecosistema provocando un crecimiento explosivo de organismos fotosintéticos. Resumen: los fosfatos producen eutrofización.

Origen: los detergentes que provienen de aguas domésticas contienen polifosfatos, la agricultura utiliza grandes cantidades de nitratos y fosfatos como fertilizantes (abonos), la descomposición de materia orgánica produce sales minerales como fosfatos y nitratos.

4.3.2.4 Oxígeno disuelto

Es importante para el desarrollo de los seres vivos y la autorregeneración. A medida que el agua se carga de materia orgánica, proliferan los organismos descomponedores que consumen el oxígeno en disolución. Si el oxígeno se consume totalmente, las aguas se convierten en tóxicas para los organismos aerobios y se producen descomposiciones anaerobias que originan sustancias malolientes como metano, sulfhídrico y nitrosaminas.

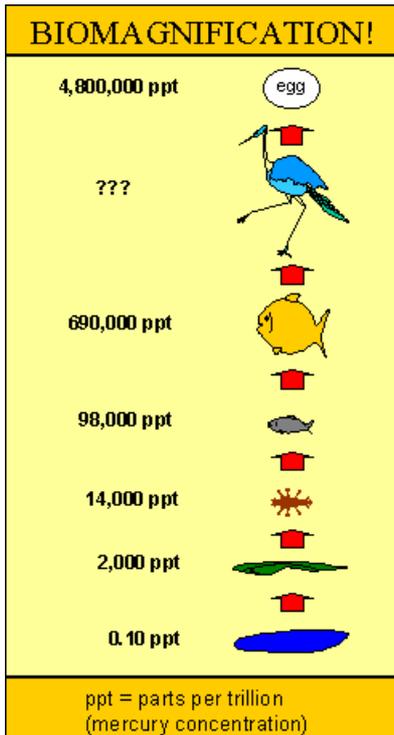
4.3.2.5 Compuestos nitrogenados

Además de contribuir los nitratos a la eutrofización (aunque en menor medida que los fosfatos), los nitratos y nitritos pueden producir toxicidad. En el intestino al combinarse los nitratos con grupos amino de los alimentos, pueden dar lugar a nitrosaminas, que son cancerígenas. Los nitritos por oxidación bacteriana se pueden transformar en nitratos contribuyendo a la eutrofización y además los nitritos son tóxicos dentro del organismo porque se unen al hierro de la hemoglobina, transformando el Fe^{2+} en Fe^{3+} (metahemoglobina) incapaz de transportar oxígeno. El trastorno generado es una falta de oxígeno en sangre, caracterizada por una coloración azulada de algunas partes del organismo (labios, extremos de los dedos...) que afecta sobre todo a los lactantes. En la naturaleza la presencia de nitritos es mínima, pero en el intestino los nitratos se transforman en nitritos con gran facilidad.

4.3.2.6 Metales pesados

En el agua, los metales pueden aparecer disueltos directamente, en forma de iones, o formar complejos químicos con moléculas orgánicas (como los quelatos), en este último caso, se favorece la estabilización en el medio acuoso y aumenta su posibilidad de incorporación a los seres vivos. Tienen efectos tóxicos (envenenamiento) los metales pesados (Hg, Cd, Pb, Cr, Co, As...), bastan pequeñas cantidades de estos metales tóxicos para provocar graves alteraciones en los seres vivos (hay otros menos tóxicos como el Fe y el Al) y además tienen efectos acumulativos (son bioacumulables y persistentes) a través de las cadenas tróficas, ya que no se degradan y se acumulan en los tejidos (ver dibujo). Los metales pesados pueden proceder de procesos naturales, como la descomposición de las rocas o la actividad volcánica, aunque las mayores cantidades las aportan las actividades humanas como la minería, procesos industriales que contienen metales y la combustión de combustibles fósiles. Destacan el plomo (saturismo) que afecta sobre todo al sistema nervioso y el mercurio que afecta sobre todo al cerebro (enfermedad de Minamata). El mercurio se usa en algunos procesos de purificación de metales nobles, por ejemplo, las extracciones de oro en la cuenca amazónica usan mercurio para separar el preciado metal de los sedimentos y, como resultado, se vierten todos los años 130 toneladas de mercurio a los ríos. Otras importantes contaminaciones de mercurio surgen de la industria papelera, la fabricación de acetaldehído y del cloruro de vinilo (componente básico del PVC). La lluvia arrastra gran parte del plomo vertido a la atmósfera por los vehículos e industrias como cristalería, cerámica, soldadura...; los perdigones de las escopetas, pinturas, insecticidas, fungicidas y cañerías antiguas contienen plomo.

4.3.2.7 Compuestos organoclorados y organometálicos (pesticidas, tinta, cosméticos, aceites...)



Ciertos contaminantes químicos sintéticos (no naturales) como los plaguicidas (el DDT que actualmente está prohibido es el pesticida organoclorado más conocido por sus efectos a largo plazo), bifenilos, policlorados como los PCB usados para fabricar plásticos, furanos, además de ser tóxicos, también son persistentes generando bioacumulación (la bioacumulación afecta más a carnívoros y al ser humano por ser los últimos eslabones de las cadenas tróficas).

Los detergentes son otros compuestos orgánicos a destacar, disminuyen la tensión superficial del agua y generan espumas que dificultan el intercambio gaseoso del agua, afectan a mucosas y tejidos blandos (afectando por ello a los aparatos respiratorios de los organismos acuáticos) y contienen sulfatos y fosfatos contribuyendo a la eutrofización. Además, los detergentes contienen otras sustancias añadidas como perfumes, blanqueadores con radicales muy reactivos como el cloro...

Una posibilidad que da lugar a la movilización del Hg es a través de su metilación, que corresponde a la formación de un compuesto organometálico. En el caso concreto del mercurio, se forma el metil-mercurio, CH_3Hg^+ , el cual, al igual que otros compuestos organometálicos, es liposoluble. En

consecuencia, estos compuestos presentan una elevada toxicidad, puesto que pueden atravesar fácilmente las membranas biológicas y, en particular, la piel, y a partir de aquí, la incorporación del metal en la cadena trófica está asegurada. La metilación de metales inorgánicos por bacterias es un fenómeno geoquímico relativamente importante. El metilmercurio es un compuesto mucho más tóxico que el mercurio. Como ejemplo podemos citar la bahía de Minamata, en el sur del Japón, se produjo una enfermedad denominada "Enfermedad de Minamata", debida al consumo de pescado y mariscos contaminados con metil mercurio, debido al paso de Hg^{2+} a metilmercurio por acción bacteriana. La producción de metil-Hg por bacterias y su liberación en el medio acuático es un mecanismo de defensa que protege los microbios del envenenamiento de Hg. La metilación bacteriana movilizó el Hg almacenado en los sedimentos de la bahía. Este mercurio procedía de una fábrica de plásticos que utilizaba Hg como catalizador y vertía los residuos en la Bahía.



Enfermedad de Minamata

4.3.2.8 Petróleo y sus derivados

En nuestras sociedades el petróleo y sus derivados son imprescindibles como fuente de energía y para la fabricación de múltiples productos de la industria química, farmacéutica, alimenticia, etc. El petróleo en la superficie del agua forma una película que disminuye la entrada de la luz hasta los productores, y además, dificulta el intercambio de gases con la atmósfera. Si se acumula en el fondo afecta a la flora y la fauna bentónicas. El petróleo puede cubrir las plumas de las aves marinas y la piel y el pelo de los mamíferos, dificultando sus movimientos y, lo que es peor, inutilizando su función de aislante térmico, por lo que los animales mueren por hipotermia. En

animales que respiran por branquias, el petróleo acumulado en las branquias impide el intercambio de gases. Existen bacterias que descomponen estos hidrocarburos, pero es un proceso lento. La mayoría de los chicles lista "goma base" como uno de sus ingredientes, encubriendo así el hecho de que el petróleo, la lanolina, la glicerina, el polietileno, el acetato de polivinilo, la cera de petróleo, el ácido esteárico, y el látex (un posible alérgeno) pueden estar entre sus componentes.

4.3.3 Contaminantes biológicos: materia orgánica; microorganismos.

4.3.3.1 Materia orgánica.

Glúcidos, proteínas, grasas vegetales y animales... La contaminación por materia orgánica es la más común debido a las actividades humanas como el tratamiento de alimentos, los desechos de este tratamiento y las aguas fecales (de los hogares y de la ganadería). Tienen un origen en las aguas residuales domésticas, urbanas, industriales, agrícolas y ganaderas. Incluso en países desarrollados más del 80% de estas aguas residuales se vierten a ríos y mares sin depurar. La presencia de materia orgánica en el agua favorece el desarrollo de los organismos descomponedores, al crecer sus poblaciones se agota el oxígeno disuelto (se produce eutrofización) y sólo pueden sobrevivir los organismos descomponedores anaerobios, apareciendo malos olores en las fermentaciones, cambio de color del agua y es un caldo de cultivo ideal para organismos patógenos. Con el tiempo las aguas vuelven a oxigenarse, terminándose de descomponer la materia orgánica y gradualmente se vuelve a las condiciones iniciales. Se completa así un ciclo de autodepuración natural de las aguas contaminadas, el problema está en que la velocidad de vertido supera la velocidad de la depuración natural, con lo que en muchos lugares la contaminación orgánica está siempre presente emitiéndose en esos lugares los malos olores.

4.3.3.2 Microorganismos.

Son microorganismos patógenos los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, 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.

- Virus; su origen es de aguas residuales domésticas (fecales) y agrícola-ganadera. Los efectos que producen son hepatitis, poliomielitis, diarreas, etc.
- Bacterias; su origen es de aguas residuales domésticas (fecales) y agrícola-ganadera. Sus efectos son tífus, cólera, gastroenteritis, disentería bacteriana, conjuntivitis, etc.
- Protozoos; su origen es de aguas residuales domésticas (fecales) y agrícola-ganadera. Su efecto es la disentería por amebas.

Otros contaminantes biológicos no microscópicos cuando son adultos son:

- Platelmintos, nematelmintos; su origen es de aguas residuales domésticas (fecales) y agrícola-ganadera. Sus efectos son esquistosomiasis, parasitosis intestinales.
- Insectos; su origen en aguas estancadas (mosquitos). Sus efectos son vectores de diversas enfermedades (malaria o paludismo).

Cuadro de enfermedades por patógenos contaminantes de las aguas (curiosidad, no estudiar)

Tipo de microorganismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente
Bacterias	Tífus	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino.

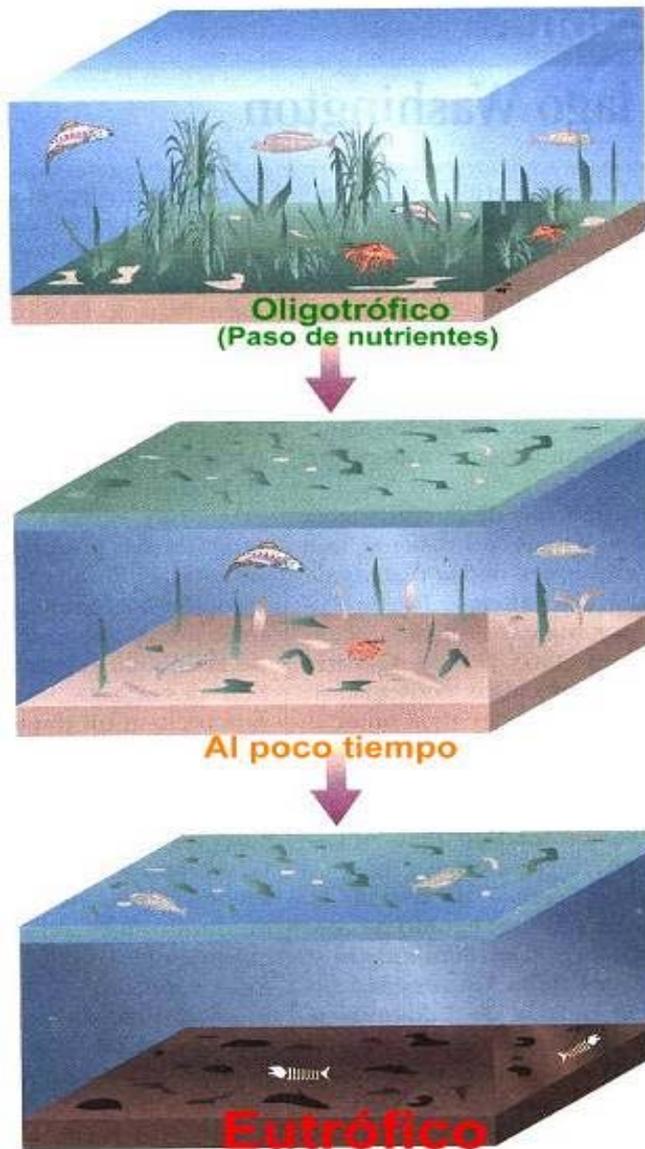
Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas y vómitos. Dolor en el digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado
Virus	Poliomielitis	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

4.4 EUTROFIZACIÓN.

El desarrollo de la biomasa en un ecosistema viene limitado, las más de las veces, por la escasez de algunos elementos químicos, como el nitrógeno y el fósforo que los productores primarios necesitan para desarrollarse y a los que llamamos por ello factores limitantes. La contaminación puntual de las aguas, por efluentes urbanos (los detergentes llevan muchos fosfatos), o difusa, por la contaminación agraria (con fosfatos o nitratos) o atmosférica (NO_x y SO_x en el agua pueden ser transformados en nitratos y sulfatos), puede aportar cantidades importantes de esos elementos faltantes. El resultado es un aumento de la producción primaria (fotosíntesis) con importantes consecuencias negativas sobre la composición, estructura y dinámica del ecosistema. En ecología el término eutrofización, designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos (fosfatos y/o nitratos) en un ecosistema acuático (la contaminación por materia orgánica es también introducir nutrientes), la eutrofización se suele producir en los lagos ya que sus aguas estancadas, encerradas impiden desplazar los nutrientes hacia el mar donde se diluirían y además sus aguas poco agitadas disminuyen el intercambio de oxígeno con la atmósfera. La eutrofización produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad, ya que cambia las condiciones del ecosistema, provocando su degradación y cambios drásticos en la flora y la fauna.

Proceso de eutrofización: el aporte de cantidades importantes de fosfatos y/o nitratos (que son sales minerales que necesitan los organismos fotosintéticos) provoca un crecimiento exagerado de algas que incluso cubre la superficie del agua, impidiendo que la luz penetre hasta el fondo del ecosistema. Como consecuencia en el fondo se hace imposible la fotosíntesis, productora de oxígeno libre, a la vez que aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno de los descomponedores, que empiezan a recibir los excedentes de materia orgánica producidos cerca de la superficie y además, degradan los organismos fotosintéticos del fondo que acaban muriendo por la falta de luz. De esta manera en el fondo se agota pronto el oxígeno por la actividad aerobia y el ambiente se vuelve pronto anóxico (=anaerobio). La radical alteración del ambiente que suponen estos cambios, hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban el ecosistema (mueren todos los organismos que necesitan oxígeno, con lo que los descomponedores tienen todavía más materia orgánica que descomponer y sin oxígeno se produce fermentaciones que originan malos olores). La eutrofización produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad, es decir, aparecen muchos seres vivos (biomasa), sobre todo descomponedores (bacterias anaerobias) y fotosintéticos de la superficie donde sí llega la luz, pero todos ellos pertenecen a unas pocas especies (poca diversidad), desapareciendo la gran variedad de especies aerobias que habían antes de producirse la eutrofización (especies de peces, invertebrados, plantas y algas acuáticas, descomponedores aerobios...).

ESQUEMA DEL PROCESO DE EUTROFIZACIÓN



- Agua clara.
- La luz penetra.
- Prospera la vegetación acuática sumergida.

- Agua turbia.
- La vegetación acuática sumergida queda en la oscuridad.

- Agotamiento del oxígeno.
- Muerte de los vertebrados por sofoco.

Los lagos son más fácilmente contaminables que los ríos.

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. Un lago oligotrófico es aquel que posee escasos nutrientes y eutrófico aquél con abundancia de nutrientes, la eutrofización transforma un medio oligotrófico en eutrófico.

Entre las medidas para minimizar y corregir la eutrofización se encuentran:

- limitar o prohibir vertidos domésticos y agrícolas en ecosistemas acuáticos reducidos o con escasa dinámica.
- depurar las aguas residuales antes de devolverlas al medio natural.
- disminuir el contenido de polifosfatos en los detergentes.
- inyectar O₂ puro en lagos y embalses afectados.

El gran abuso de abonos en la agricultura y el gran consumo de detergentes con fosfatos han sido las causas principales de que muchos lagos españoles y europeos se hallen eutrofizados. Foto: laguna eutrofizada (superficie cubierta de algas, por eso se ve de color verde).



4.5 Contaminación de los sistemas fluviales: contaminación por materia orgánica y autodepuración.

Los sistemas fluviales pueden sufrir contaminación de cualquier tipo: fertilizantes de la agricultura, excremento y orines de la ganadería, materia orgánica urbana procedente de los hogares, todo tipo de contaminantes orgánicos o inorgánicos procedentes de industrias, incremento de la temperatura del río por la refrigeración en industrias... el más frecuente es la contaminación por materia orgánica.

El aporte de materia orgánica también provoca eutrofización al incrementarse los procesos oxidativos y disminuir el oxígeno disuelto, liberándose fósforo de los sedimentos. El resultado final es un lago con aguas de color verde azulado, con muchos restos vegetales, que desprende malos olores (por la presencia, en medios sin oxígeno, de descomponedores anaerobios que en vez de usar oxígeno hacen fermentaciones que producen sustancias malolientes) con una fauna muy empobrecida.

Cuando un medio vivo se transforma y de forma natural elimina (total o parcialmente) la contaminación que tiene se habla de **autodepuración**. Gracias a los fenómenos de filtración y de oxidación, combinados con la acción de organismos (bacterias, insectos, plantas...) que viven en el medio acuático y sobre los cauces, el agua asegura su calidad y preserva el equilibrio de su ecosistema. Las bacterias y hongos descomponedores aerobios son los principales responsables de la autodepuración porque descomponen toda la materia orgánica transformándola en inorgánica, que será utilizada por los organismos fotosintéticos o se acumulará en los sedimentos. Si el nivel de contaminación no llega a ser crítico, el agua es capaz de autodepurarse, es decir, de eliminar progresivamente los agentes contaminantes, pero un nivel muy elevado de materia orgánica puede agotar el oxígeno disuelto (los mismos descomponedores aerobios gastan el oxígeno porque lo utilizan para descomponer la materia orgánica) y los descomponedores aerobios sin oxígeno mueren. Si no hay más aporte de materia orgánica, con el tiempo volverá a haber oxígeno y los descomponedores terminarán eliminando el excedente de materia orgánica. Inyectar oxígeno en el agua de forma artificial es un método usado en la depuración del agua para agilizar la descomposición de la materia orgánica por los descomponedores. Pese a ello, la depuración del agua tiene sus límites y, por ejemplo, la sal o los plásticos que no son biodegradables alteran este fenómeno.

4.6 Contaminación de las aguas subterráneas: salinización, fosfatos, nitratos, fosas sépticas...

Las aguas subterráneas se encuentran más protegidas, puesto que los contaminantes tienen que llegar por infiltración a través de los materiales situados por encima del acuífero. Una vez incorporado el contaminante al flujo subterráneo, resulta muy difícil y costoso detectar su presencia,

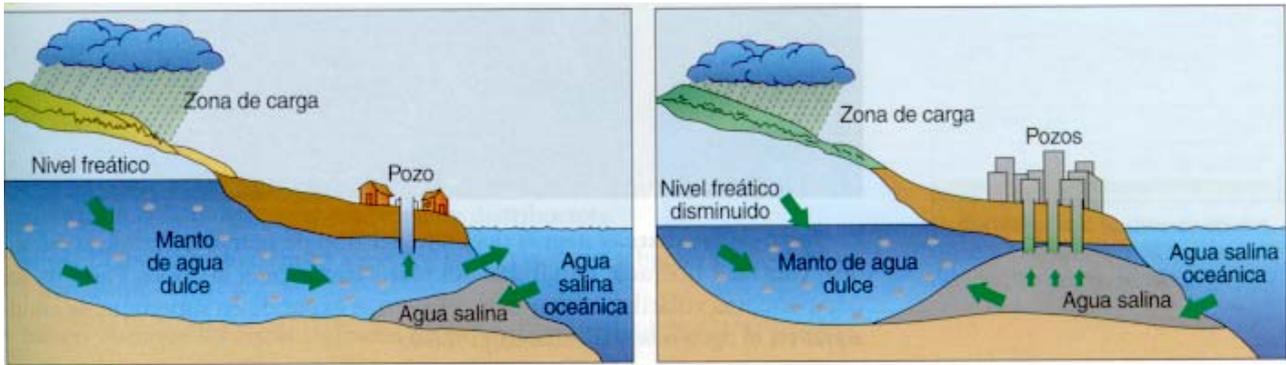
conocer su desplazamiento y evolución y detenerlo antes de que llegue a los manantiales o pozos de explotación. Hay que tener en cuenta que las aguas subterráneas no tienen capacidad de autodepuración o, cuando existe, es muy lenta, y la depuración artificial es difícil o imposible.

Los contaminantes pueden ser muy variados: sales minerales, metales pesados, compuestos orgánicos, virus, bacterias, etc. Al igual que las fuentes de contaminación en las que el agua que se infiltra en el terreno puede contener lixiviados de un vertedero, zona agrícola, estiércol y purines de una zona ganadera, residuos tóxicos y peligrosos por algún accidente producido en la superficie como accidente de un camión cisterna que transportaba sustancias tóxicas o la rotura de una balsa con residuos mineros (como la de Aznalcollar), pérdidas en los depósitos de combustible de las gasolineras... Foto: rotura de la balsa de la mina de Aznalcollar cerca del parque de Doñana vertiéndose 4,5 hm³ de lodos y aguas contaminadas, afectando una superficie mayor de 4.000 ha con aguas ácidas cargadas de metales tóxicos (ruina para los agricultores y ganaderos de la zona), afectando también al agua subterránea por infiltración .

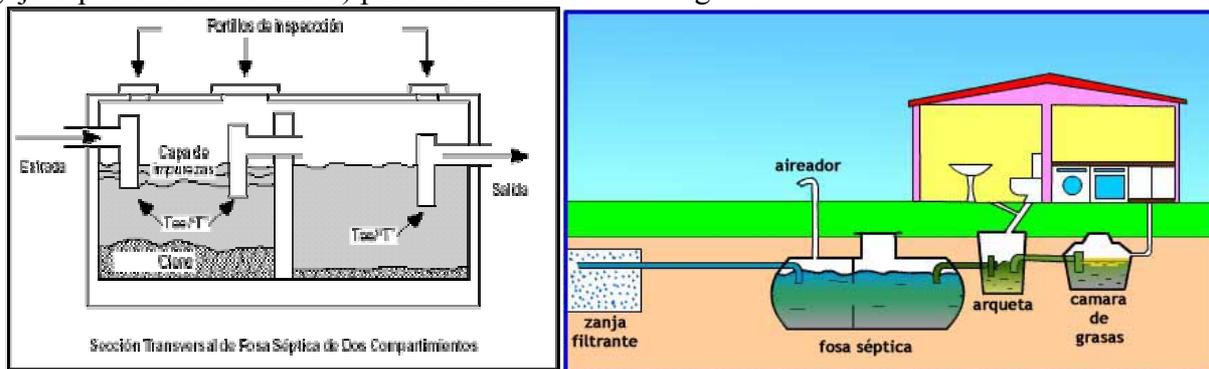


Hay dos problemas graves relacionados con la sobreexplotación: la salinización de gran número de acuíferos litorales y la excesiva concentración de nutrientes inorgánicos (fertilizantes) como fosfatos y sobre todo nitratos, que afectan a las zonas de intensa explotación agrícola, en las que se establece un circuito de recirculación a través de los riegos y, en consecuencia, un enriquecimiento progresivo del agua en compuestos nitrogenados. En el agua subterránea la ausencia de fotosíntesis impide que se consuman los nitratos y fosfatos, acumulándose. La salinización de acuíferos cercanos a la costa llamada intrusión salina, se produce porque al sobreexplotar el acuífero sacando más agua de la que se recarga por las precipitaciones, se produce un descenso del nivel freático hasta llegar a estar el agua del acuífero tan baja que entra el agua del mar hacia el interior del acuífero, impulsado además por el efecto succión creado por el vaciado del acuífero con bombas aspirantes. Fotos: varias fuentes de contaminación del agua subterránea e intrusión marina.





Otra vía de contaminación del agua subterránea son las fosas sépticas que son tanques enterrados donde se depositan las aguas sucias domésticas para que, con el menor flujo del agua, la parte sólida se pueda depositar, liberando la parte líquida. Una vez hecho eso, determinadas bacterias anaerobias actúan sobre la parte sólida de las aguas sucias descomponiéndolas. Esta descomposición es importante, pues deja las aguas negras residuales con menos cantidad de materia orgánica, ya que la fosa elimina cerca del 40% de la demanda biológica de oxígeno, y así la misma puede devolverse a la naturaleza con menor perjuicio para la misma. Debido a la posibilidad de presencia de organismos patógenos, la parte sólida debe ser retirada, a través de un canal limpia-fosas y transportada a un vertedero en las zonas urbanas o enterrada en zonas rurales, una vez que pasa por la fosa séptica, el agua sigue contaminada, aunque mucho menos, y en zonas rurales, se suele verter a un pozo ciego (agujero profundo en el suelo) pasando a contaminar el agua subterránea.



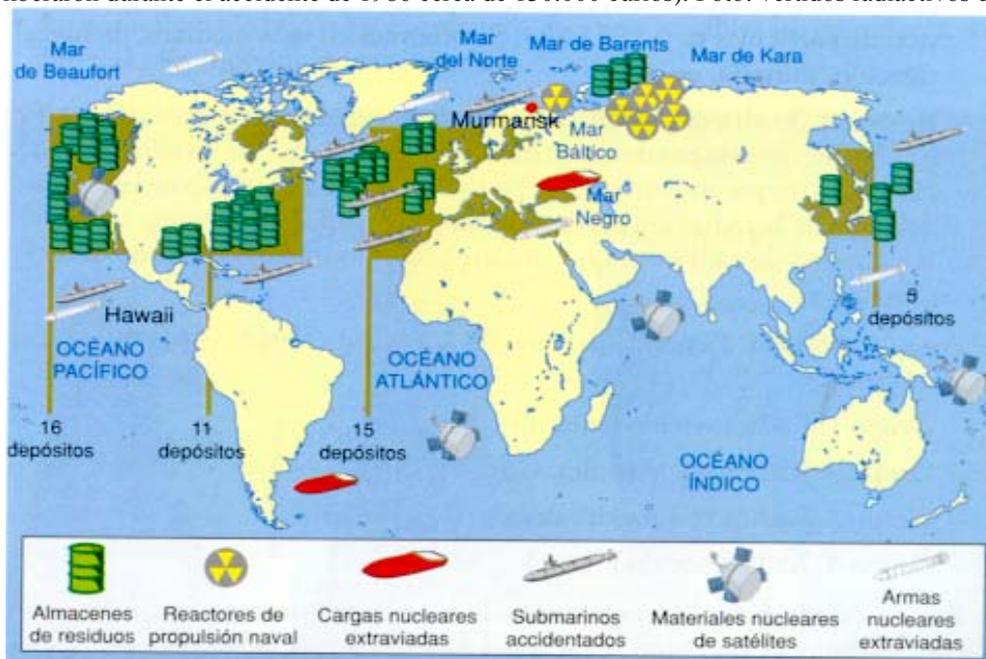
4.7 Contaminación de los mares y océanos: mareas negras y vertidos costeros.

Los mares y los océanos son el sumidero final para gran parte de los residuos que producimos. Durante mucho tiempo se ha tenido la idea de que los mares podían diluir, dispersar y degradar ingentes cantidades de contaminantes sin que se notaran efectos negativos. Todo tipo de contaminantes acaban en el mar, destacaremos el petróleo. En nuestras sociedades el petróleo y sus derivados son imprescindibles como fuente de energía y para la fabricación de múltiples productos de la industria química, farmacéutica, alimenticia, etc. Por otro lado, alrededor del 0,1 al 0,2% de la producción mundial de petróleo acaba vertido al mar. El porcentaje puede parecer no muy grande pero son casi 3 millones de toneladas las que acaban contaminando las aguas cada año, provocando daños en el ecosistema marino.

La mayor parte del petróleo se usa en lugares muy alejados de sus puntos de extracción por lo que debe ser transportado por petroleros u oleoductos a lo largo de muchos kilómetros, lo que provoca espectaculares accidentes de vez en cuando. Estas fuentes de contaminación son las más conocidas y tienen importantes repercusiones ambientales, pero la mayor parte del petróleo vertido procede de tierra, de desperdicios domésticos, automóviles y gasolineras, refinerías, industrias, etc.

Los vertidos costeros son una contaminación intencionada: de aguas residuales sin depurar, realizados a través de emisarios submarinos, sobre la plataforma continental procedente de núcleos urbanos o industrias; del lavado de los tanques de los barcos de transporte; y de residuos radiactivos. Los vertidos de hidrocarburos pueden proceder de accidentes, fugas, vertidos ilegales,

operaciones de limpieza en alta mar de petroleros o de las extracciones del crudo en alta mar en plataformas petrolíferas. Durante mucho tiempo el lavado de tanques de los petroleros ha sido una de las prácticas más dañinas y que más contaminación por petróleo ha producido. Estos grandes buques hacían el lavado en los viajes de regreso, llenando los tanques con agua del mar que después vertían de nuevo al océano, dejando grandes manchas de petróleo por todas las rutas marítimas que usaban. En los últimos años una legislación más exigente y un sistema de vigilancia y denuncias más eficiente, han conseguido reducir de forma significativa estas prácticas, aunque, por unos motivos o por otros, los petroleros todavía siguen siendo un importante foco de contaminación. Desde 1967 a 1982, ocho países europeos (especialmente el Reino Unido) vertieron en la Fosa Atlántica (situada a unos 700 kilómetros de las costas gallegas y con una profundidad de 4.000 metros) hasta 142.000 toneladas de residuos de baja y media actividad. El total de radiactividad de esa cantidad supera el millón de curios (como comparación en el área inmediata a Chernóbil se liberaron durante el accidente de 1986 cerca de 130.000 curios). Foto: vertidos radiactivos en los océanos.



Los efectos ambientales de una marea negra son debidos, por un lado, al petróleo que queda en la superficie, que impide la entrada de la luz hasta los productores, por lo que desaparecen y, con ellos, el resto de las especies que estaban relacionadas a través de las cadenas tróficas y, por otro lado, a los componentes más pesados, que caen al fondo destruyendo la flora y la fauna bentónicas.

La ingestión de crudo tiene efectos tóxicos. El petróleo puede cubrir las plumas de las aves marinas y la piel y el pelo de los mamíferos, dificultando sus movimientos y, lo que es peor, inutilizando su función de aislante térmico, por lo que los animales mueren por hipotermia. La mayoría de las poblaciones de organismos marinos se recuperan de exposiciones a grandes cantidades de petróleo crudo en unos tres años, aunque si el petróleo es refinado o la contaminación se ha producido en un mar frío, los efectos pueden durar el doble o el triple.

Para combatir las mareas negras podemos aplicar **medidas preventivas** como la elaboración de reglamentaciones y leyes, exigencias para el transporte de crudo y sustancias peligrosas, de buques con doble casco; **medidas correctoras** que permitan eliminar el crudo y paliar sus efectos como puede ser: barreras flotantes de contención, para cercar el vertido, son efectivas cuando las aguas están en calma y los vertidos son reducidos; barreras químicas que utilizan geles para recoger el crudo, se aplican en mar abierto; recogida por succión del petróleo en superficie mediante bombas de aspiración o espumaderas; empleo de agentes dispersantes que formen emulsiones que puedan ser biodegradadas; utilización de agentes de hundimiento, como arcillas o cenizas que lo depositan en el fondo, pero el inconveniente es la contaminación del fondo; combustión del vertido, medida que produce contaminación del aire y posterior lluvia ácida; biorremediación, método más eficaz y ecológico, en la actualidad en desarrollo y que se basa en añadir bacterias que degradan hidrocarburos.

5. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA REGIÓN DE MURCIA

5.1. LA SOBREEXPLOTACIÓN DE LOS ACUÍFEROS

El sureste español (donde se incluye la Comunidad de Murcia) es la región en la que existe el mayor grado de explotación masiva de aguas subterráneas de Europa, lo que acarrea un grave problema de sobreexplotación de acuíferos y desertificación. Ello acarrea una serie de efectos negativos directos e indirectos.

Directos:

Descenso de niveles piezométricos

Subsidencia en el terreno

Abandono de pozos

Deterioro de la calidad del agua en acuíferos costeros (intrusión marina)

Afección o secado de zonas húmedas (manantiales y lagunas)

Disminución de las reservas hídricas subterráneas

Problemas legales por afección a terceros y problemas sociales y políticos

Indirectos:

Problemas en redes de abastecimiento y saneamiento

Roturas de vías de comunicación

Salinización de suelos

Avance de la desertización

Colapsos en áreas kársticas

Modificación de la flora y fauna

Desaparición o deterioro del patrimonio paisajístico, hidrológico e hidrogeológico, etc.

Los pozos de la Región de Murcia vienen sufriendo los efectos de la explotación intensiva desde la década de los años setenta del pasado siglo. La sobreexplotación de los acuíferos en la cuenca del río Segura se puede estimar que se sitúe por encima de 400 Hm³.

Cuantitativamente las mayores sobreexplotaciones se registran en:

- Valle del Guadalentín

- NE de la provincia (Fortuna, Abanilla, Jumilla, Yecla)

- Mazarrón.

Otros acuíferos sobreexplotados, con contaminación por nitratos, salinización y/o intrusión marina los tenemos en: Águilas, Aledo, Cieza-Jumilla (Ascoy-Sopalmo), Campo de Cartagena, Cingla (Jumilla), Abanilla (Quibas), Mula (Santa-Yéchar), Sierra Espuña, Triásico de Carrascoy, Triásico de las Victorias (Fuente Álamo), Vega media del Segura.

5.2. LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

5.2.1. Metales pesados

La contaminación del agua por sustancias químicas presentes en el medio puede acarrear serias consecuencias. Determinados compuestos químicos presentan un elevado grado de toxicidad, de gran importancia por las implicaciones que su presencia en el vertido ocasionan, produciendo distintos grados de efectos: inmediatos, latentes, crónicos, etc. Dentro de este grupo de compuestos están los metales pesados que son sumamente tóxicos debido al proceso de bioacumulación que presentan. Según la normativa vigente los límites de vertidos deben ser establecidos por los Organismos de Cuenca. Además el Real Decreto de Dominio Público Hidráulico (R.D.D.P.H.), establece unos límites máximos para determinadas sustancias que en ningún caso deben ser superadas. La Confederación Hidrográfica del Segura en cumplimiento de sus competencias estableció los límites máximos para los vertidos a cauces públicos en toda la cuenca del Segura según grupos de calidad, que en el caso de la Vega Baja se corresponde con el grupo de calidad III. Estos límites son más restrictivos que los establecidos por el R.D.D.P.H. a excepción de los nitratos. Un Informe realizado por el Laboratorio Químico-Microbiológico, S. A. sobre unas muestras

tomadas en el cauce seco del río Segura en diciembre de 2.000 ponen de manifiesto que en las zonas de muestreo (ver tabla adjunta) las concentraciones de determinados metales pesado excede a los valores mínimos permitidos. Se han realizado análisis de sedimentos del Río Segura en tres puntos del municipio de Murcia:

- Punto 1: Cauce del Río Segura Murcia Capital, altura del mercado de Verónicas.
- Punto 2: En Zarandona próximo al aliviadero.
- Punto 3: Canal del Reguerón en la pedanía de Sangonera la Verde.

Tabla: *Valores límite de metales pesados en la legislación y resultado de las muestras tomadas en el río Segura:*

	Valores límite	Muestra 1 (Murcia Ciudad)	Muestra 2 (Zarandona)	Muestra 3 (Reguerón)
Cadmio	0,2 mg/l	<0,05 mg/kg.	0,16 mg/kg.	<0,05 mg/kg.
Cromo	0,2 mg/l	7,47 mg/kg.	53,98 mg/kg.	123,3 mg/kg.
Plomo	0,2 mg/l	8,25 mg/kg.	203,0 mg/kg.	10,39 mg/kg.
Mercurio	0,05 mg/l	0,18 mg/kg.	1,41 mg/kg.	0,19 mg/kg.
Selenio	0,03 mg/l	0,82 mg/kg.	0,88 mg/kg.	0,58 mg/kg.

De los análisis de agua realizados se desprende que todos ellos (excepto cadmio) se encuentran muy por encima de los valores legales permitidos. Estos metales pesados que están presentes en los sedimentos, pueden ser arrastrados con facilidad, sobre todo cuando hay aumentos puntuales del caudal por efecto de lluvias torrenciales, pasando a través de las diversas canalizaciones en terrenos cultivables de los márgenes del río. Podríamos, por tanto, concluir que los contenidos en cromo y plomo de los sedimentos que pueden ser arrastrados a zonas cultivables de las riberas del Segura, son extremadamente elevados y potencialmente peligrosos por los arrastres en el río y acequias que pueden llevarlos hasta zonas de huerta, pudiendo transferirse lentamente a cultivos por el riego o por las aguas de lluvia. La utilización de esta agua para riego produce la erosión y el agotamiento de suelos lo que ocasiona una disminución de la superficie agrícola.

En los procesos industriales se utilizan mucho las sales de cromo, y pueden pasar al agua a través de los desechos industriales, como es el caso de las industrias de curtido procedentes de la zona de Lorca. En las muestras analizadas aparecen subidas muy pronunciadas, marcando valores alarmantes en la muestra tomada en el Reguerón.

5.2.2. Zonas puntuales de vertidos en la Región de Murcia

Existe una contaminación por superación de la capacidad de las actuales depuradoras debido al incremento de la población. Este problema se da en todas las áreas donde se plantean importantes desarrollos urbanísticos y en las grandes ciudades (Alcantarilla, Murcia, Alhama, Lorca y La Manga). Otro lugar con unos índices de calidad del agua menores a 25 (muy deficientes), agravados por falta de los caudales ecológicos mínimos y la acumulación de contaminantes en los sedimentos, es la zona baja del río Guadalentín, cerca de su encuentro con el Segura.

Hay zonas puntuales de vertidos tóxicos y peligrosos, como el que se realiza en algunas ramblas, como la de San Roque, que desemboca al azud de Ojós, por empresas ubicadas en el polígono industrial de Blanca. El agua del azud se utiliza para el abastecimiento urbano de Alicante y de algunas zonas de la ciudad de Murcia. No obstante, hay que comentar que dicha agua se potabiliza, aunque no al 100%.

5.3. Eutrofización del Mar Menor

En la desembocadura de la Rambla del Albuñón, poco antes de la entrada a la población de Los Alcázares, se vierten, junto con La Ribera, la mayor parte de las cerca de 2.700 toneladas de nitrógeno que cada año recibe el Mar Menor, lo que supone un considerable aumento de los recursos tróficos disponibles en la laguna. Estudios realizados recientemente confirman que el incremento previsto en el desarrollo urbano y agrícola duplicaría los vertidos de nitrógeno al Mar Menor en esta década (unas 6000 Tm/año), lo que conllevaría a un proceso de eutrofización. Por otro lado, parece haber una relación directa entre los vertidos derivados del incremento de los regadíos a partir del Trasvase Tajo-Segura y el espectacular crecimiento de las medusas. Ello, aún siendo muy negativo para el turismo, tiene una vertiente positiva, como es la disminución de los compuestos nitrogenados en dichas aguas.

Los Planes de Saneamiento del Mar Menor y de Reutilización Parcial de los Drenajes Agrícolas desarrollados por la Comunidad Autónoma están en vía de solucionar el problema.

6. DETERMINACIÓN EN MUESTRAS DE AGUA DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS E INTERPRETACION DE RESULTADOS EN FUNCION DE SU USO.

Para saber la calidad del agua, y por ello, el uso que se le puede dar (uso agrícola, industrial, para consumo humano, actividades recreativas..., o no se le puede dar ningún uso por estar excesivamente contaminada) se indican las características del agua en función de unos parámetros físicos, químicos y biológicos.

6.1 Parámetros físicos

6.1.1 Temperatura.

La idónea para el consumo entre 8 y 15°. Si el agua tiene una temperatura elevada, es mucho más probable la presencia de microorganismos.

6.1.2 Transparencia o turbidez.

Se debe a los sólidos en suspensión, es decir, la presencia de partículas sólidas o microorganismos. Las partículas en suspensión son capaces de producir absorción o dispersión de las radiaciones luminosas que atraviesan el agua, por lo que en un agua muy turbia no penetra bien la luz impidiendo la fotosíntesis a cierta profundidad.

6.1.3 Color, sabor y olor.

Las papilas olfativas perciben concentraciones de gases. El color aporta información sobre las bacterias y microalgas existentes. El agua debe ser incolora, inodora e insípida, pues un agua coloreada, con mal olor y sabor indica la presencia de elementos extraños.

6.1.4 Conductividad.

La conductividad está relacionada directamente con la concentración de iones en disolución (sales minerales). Cuando la cantidad de carbonato de calcio o magnesio sobrepasa los 0,5 g/l el agua es dura. Las aguas duras dificultan la cocción de los alimentos, dejan incrustaciones en las

conducciones y calderas (cal) y forman poca espuma con el jabón, lo que incrementa el consumo de éste y la consecuente contaminación.

6.2 Parámetros químicos.

6.2.1 Oxígeno disuelto.

A medida que el agua se carga de materia orgánica, proliferan los organismos descomponedores que consumen el oxígeno en disolución. Las aguas limpias y corrientes están muy oxigenadas.

6.2.2 Demanda biológica de oxígeno (DBO).

Es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para descomponer la materia orgánica del agua. Se incubaba el agua a unos 30°C, en la oscuridad durante días y se determina el oxígeno que se ha perdido. Más materia orgánica mayor consumo de oxígeno por los microorganismos. El más usado es la DBO₅ que mide el oxígeno perdido en 5 días. Para el consumo humano no debe sobrepasar los 3 mg O₂/L. las depuradoras de agua deben verter al río agua con menos de 20mg/L de DBO₅.

6.2.3 Demanda química de oxígeno (DQO).

Representa el oxígeno disuelto necesario para la oxidación de la materia orgánica con un agente químico (sin intervención de organismos vivos, se suele usar dicromato o permanganato potásico) como el permanganato potásico. Los valores obtenidos son más altos que la DBO, porque la oxidación no es selectiva: se oxida tanto la materia orgánica como la inorgánica existente. El valor recomendado no debe sobrepasar 20mg O₂/L

6.2.4 Ph.

Indica la acidez o basicidad y está en función de los iones H⁺ presentes. Las reacciones químicas y biológicas dependen del pH, y la actividad biológica normal en el agua se desarrolla en unos valores de pH que oscilan entre 6 y 8,5. Un agua demasiado ácida o básica tiene muchas posibilidades de contener elementos indeseables (por ejemplo un pH muy ácido aumenta la disolución de algunos metales pesados).

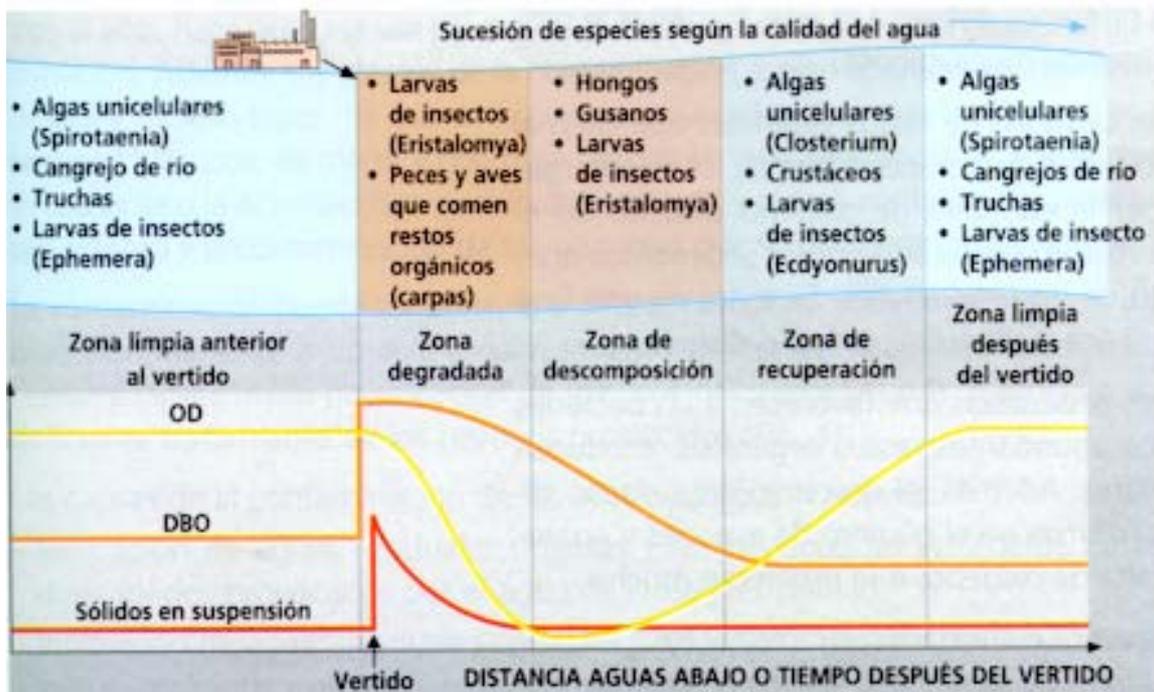
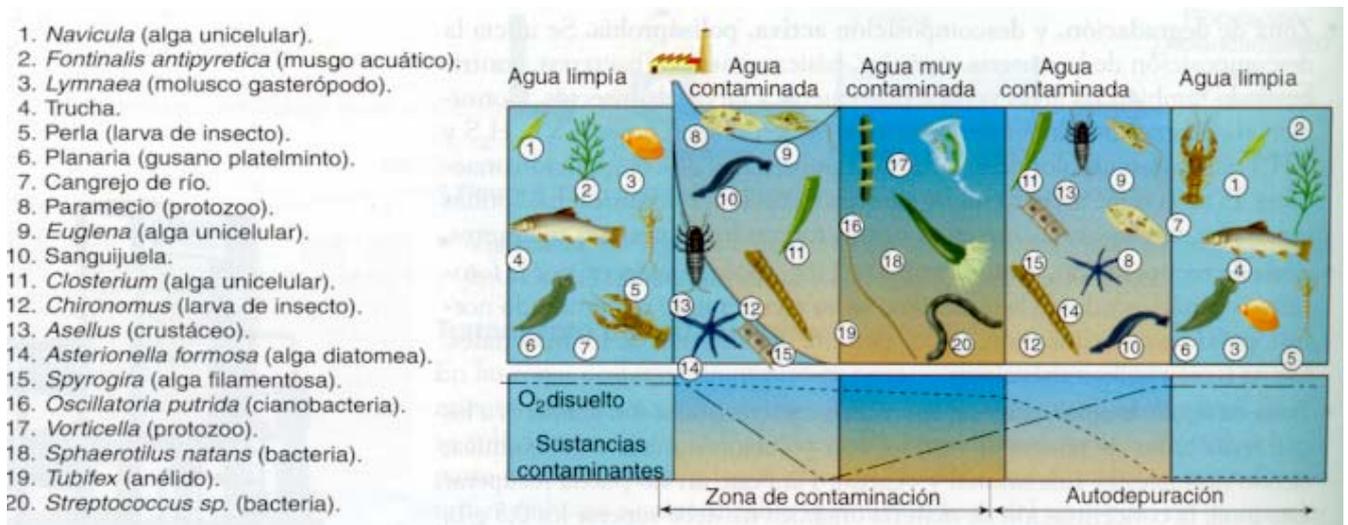
6.2.5 Dureza.

Expresada en concentración de CaCO₃ (aguas blandas < 50 mg/L de CaCO₃ y aguas duras >200 mg/L de CaCO₃ la OMS recomienda que el agua de bebida tenga de 100 a 500 mg/L de CaCO₃). La dureza se encuentra directamente relacionada con la conductividad. Viene dada por los iones Ca²⁺ y Mg²⁺ que existen. El agua dura supone un riesgo de incrustaciones calcáreas en las instalaciones, riesgo de cálculos renales (piedras en el riñón) y perjuicios por el mayor gasto de jabón y de energía en procesos industriales, pero si es demasiado blanda es normalmente más agresiva y puede afectar a los metales.

6.3 INDICADORES BIOLÓGICOS.

Cuantifican la presencia de microorganismos: bacterias, hongos, algas, protozoos y virus, e incluso seres vivos de mayor tamaño como larvas de insectos. El control biológico del agua se centra en las especies patógenas, especialmente en los microorganismos, pero debido al coste que esto supondría, el análisis más frecuente es la determinación de las bacterias coliformes que aunque no sean patógenas, indican contaminación de origen fecal (son indicadores biológicos de la presencia de heces; en el agua de consumo humano la presencia de coliformes debe ser cero) que normalmente está asociada con la presencia de gérmenes patógenos.

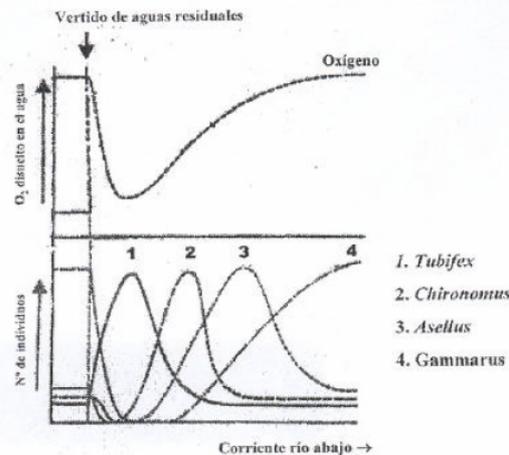
Los saprobios son organismos (pueden ser microorganismos o no) que se alimentan de materia orgánica y que se utilizan como indicadores biológicos de la contaminación por materia orgánica. Se dividen en polisaprobios que toleran elevadas concentraciones de materia orgánica y medio anóxico, nos indican aguas muy contaminadas, mesosaprobios que toleran concentraciones medias y oligosaprobios viven en aguas con concentraciones muy bajas de materia orgánica y bastante oxigenadas, indicando aguas no contaminadas (en condiciones naturales el agua lleva pequeñas concentraciones de materia orgánica procedentes de cadáveres, hojas caídas de los árboles...).



Realiza el siguiente ejercicio de selectividad de Junio de 2004:

Cuestión 6

- a) El gráfico representa los efectos del vertido de aguas residuales en un río sobre el contenido en O₂ y sobre cuatro organismos. Compare y comente el comportamiento de las cuatro especies.



7 SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LAS AGUAS.

7.1 Tratamiento del agua para consumo; la potabilización del agua.

El agua natural no contaminada es válida para cualquier uso sin necesidad de tratamiento especial, excepto para consumo como agua potable, en cuyo caso es necesario un tratamiento de potabilización más o menos intenso.

La **potabilización** se hace sobre las aguas de origen natural que, normalmente, tienen unas características físicas, químicas y biológicas que impiden su uso directo para el consumo humano. Consiste en un conjunto de procesos que eliminan o ajustan las concentraciones de sus componentes para que no sean un riesgo para la salud y no tengan características organolépticas (color, olor y sabor) desagradables. Otra definición: la potabilización es el conjunto de procesos físico-químicos que convierten el agua natural en agua potable, apta para el consumo.

Comprende generalmente dos tipos de tratamientos:

- **Eliminación de sólidos en suspensión.** Se utilizan procesos físicos y químicos. Destacan la *tamización o desbaste* que elimina las partículas más grandes por medio de un sistema de rejillas o tamices cada vez más finos, la *aireación* para eliminar gases como el H₂S, la *coagulación-floculación* que es la adición de reactivos químicos que favorecen la formación de agregados de partículas, la *sedimentación o decantación* donde se mantiene el agua en reposo para que sedimenten las partículas por gravedad (la coagulación-floculación al formar partículas de mayor tamaño favorece que sedimenten antes y al dejar el agua en reposo es más fácil quitar las partículas que flotan al formar una fina película en la superficie), la *filtración* normalmente con filtros de grava y arena (son filtros autolimpiables al producir la circulación inversa del agua para arrastrar la suciedad acumulada) y la *adsorción con carbón activo* para eliminar los malos olores, sabores y las partículas finas.
- **Desinfección.** Se trata de eliminar los organismos patógenos. Para ello se utiliza cloro, aunque se podría matar a los organismos también con ozono, luz ultravioleta, radiaciones ionizantes..., pero son métodos menos usados que el cloro por ser más costosos. Desgraciadamente el cloro deja mal sabor en el agua. En ocasiones, la desinfección es el

único tratamiento para la potabilización si sus parámetros físico-químicos se encuentran en los niveles permitidos (pH, concentración de sales, partículas en suspensión...).

Curiosidad: Formas para conseguir agua potable:

* Aprovechar la humedad del aire (en forma de rocío por la mañana). La frescura y la humedad nocturna provocan la condensación del agua sobre las plantas. Gracias a un sistema de bolsas de plástico semienterradas por encima de un hoyo, es posible conseguir agua de condensación potable.

* Aprovechar el agua de lluvia. En ciertas latitudes, un árbol apodado el árbol del viajero tiene sus hojas en forma de recipientes en los que se acumula el agua y en los cuales es posible beber.

* Hervir el agua de los ríos o charcas con el fin de evitar la contaminación bacteriana. Este método no evita la presencia de productos tóxicos. Con el fin de evitar los depósitos y las partículas en suspensión, podemos tratar de decantar el agua dejándola reposar y recuperando el volumen más limpio, desechando el volumen más sucio (que se depositará al fondo o / y en la superficie).

* Agua potable con pastillas potabilizadoras: es posible obtener agua limpia y segura con pastillas potabilizadoras que sirven para potabilizar el agua, se consiguen en el mercado y son prácticas y efectivas para potabilizar el agua. Estos compuestos deben aplicarse en cantidades exactas y dejar reposar lo suficiente antes de consumir el agua. Se recomienda leer las instrucciones de uso en el envase y fecha de vencimiento.

7.2 Depuración de las aguas residuales

La depuración tiene por objetivo devolver a las aguas residuales su estado natural, retirando de ellas los contaminantes. La depuración absoluta es prácticamente imposible. Hay dos clases de depuración; natural o blanda y tecnológica o dura.

7.2.1. Depuración natural o blanda.

Se utiliza para aguas residuales poco contaminadas y contaminantes poco insidiosos. Los sistemas empleados tratan de reproducir los procesos de autodepuración. El más utilizado es el lagunaje, que consiste en mantener el agua en balsas o lagunas artificiales poco profundas durante el tiempo necesario (del orden de meses depende del grado de contaminación) para que se produzca la sedimentación de los materiales en suspensión y la degradación microbiana de la materia orgánica. Conforme avanza la autodepuración el agua se va pasando a lagunas cada vez menos contaminadas, (las primeras lagunas reciben el agua que va llegando a la depuradora y las últimas presentan el agua mucho más limpia). El lagunaje en sí mismo es todo un sistema depurativo, en él la naturaleza crea las condiciones idóneas de autodepuración. Tiene la ventaja de ser un método sencillo, barato y casi sin mantenimiento, pero tiene el inconveniente de que es un proceso muy lento y no es apto para sustancias no biodegradables.

La materia orgánica disuelta es asimilada o metabolizada por bacterias aerobias o anaerobias facultativas. Esta masa pasa a constituir la alimentación de protozoos depredadores. Las bacterias, al degradar la materia orgánica, liberan anhídrido carbónico, amoníaco y sales minerales, que permiten el desarrollo de algas. Éstas fijan el anhídrido carbónico y liberan el oxígeno, que será utilizado para el crecimiento bacteriano. Precisamente esta triple asociación proporciona la depuración de las lagunas.

7.2.2. Depuración tecnológica o dura: líneas de agua, fangos y gas.

Este tipo de depuración comprende una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que combinados según el tipo y grado de contaminación que presente el agua residual, tratan de devolver ésta al medio natural (río, lago, mar...) con las mínimas alteraciones posibles. Se requieren instalaciones especiales llamadas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR). Tiene las ventajas, sobre los sistemas de depuración natural, de ser más rápida, se pueden tratar mayores volúmenes de agua, y existe la tecnología para eliminar casi cualquier contaminante, pero utiliza tecnologías que consumen energía eléctrica de forma considerable y precisan mano de obra

especializada, siendo por ambas razones muy costoso. Se pueden dar hasta cuatro tipos de tratamientos del agua y tratar simultáneamente tres productos: agua, lodos o fangos y biogás. Esto es debido a que en los tratamientos que se realizan al agua se generan fangos y gases que reciben otros tratamientos. Los 4 tratamientos que se realizan al agua líquida son:

Pretratamiento: se produce la separación de sólidos voluminosos tales como botellas, telas, plásticos a través de rejillas y/o tamices (*tamización o desbaste*), la separación de sólidos finos como las arenas (desarenadores) y la separación de las partículas que flotan (desengrasado). Este pretratamiento origina fangos compuestos por grasas, arenas y partículas grandes como gravas que deben ser tratados.

Tratamiento primario consiste en unos tratamientos físico-químicos donde se intenta sedimentar sólidos en suspensión que no han sido retenidos en el pretratamiento, consiste en la *sedimentación-decantación* donde se dejan las aguas residuales el tiempo suficiente para la sedimentación; en los casos en los que este tiempo no fuera suficiente, se suele utilizar floculantes y/o coagulantes que aceleran la sedimentación. En esta etapa también se produce la *neutralización* de las aguas donde se ajusta el pH entre 6,5-8,5 para facilitar el tratamiento biológico o secundario (se suele utilizar cal, sosa y ácido sulfúrico) y en algunas depuradoras se completa con la eliminación de contaminantes volátiles, desengrasado, desaceitado..., para un posterior tratamiento secundario. En el tratamiento primario se originan lodos y si se realiza la eliminación de contaminantes volátiles, también gases.

Tratamiento secundario: se llama también tratamiento biológico porque produce la degradación de la materia orgánica por microorganismos. La degradación de la materia orgánica puede ser aerobia y anaerobia. En el tratamiento aerobio los microorganismos utilizan el oxígeno para degradar la materia orgánica que llega con las aguas residuales; el requisito es mantener el agua oxigenada lo que suele hacerse bien mediante agitación del agua llamada *fangos activos*, o bien por *lechos bacterianos*, donde se utilizan plásticos u otros materiales de gran superficie específica a los que van fijadas las bacterias. La depuración se produce al hacer circular aire y agua residual a través del lecho poroso formado por el plástico. En el tratamiento anaerobio, la oxidación de la materia orgánica se produce en ausencia de oxígeno (en recipiente cerrado) formándose gases que se pueden usar como combustible para obtener energía en la propia planta depuradora.

Tratamiento terciario: consiste en procesos físicos, químicos y biológicos avanzados, donde se pretenden eliminar ciertos contaminantes específicos que permanecen después de un tratamiento secundario tales como metales pesados, nitrógeno, fósforo, isótopos radiactivos y sustancias inorgánicas. Este tipo de tratamiento se utiliza en casos especiales o en zonas de escasez de agua donde se purifica este agua para darle un segundo uso, en lugar de devolver el agua al medio natural. Se utilizan diversos métodos especializados como la adsorción, el intercambio iónico, la ultrafiltración, la ósmosis inversa o la electrodiálisis. Son tratamientos muy costosos que muy pocas depuradoras realizan.



LÍNEA DE FANGOS DE UNA DEPURADORA

En los tratamientos anteriores del agua se genera una cantidad de residuos en donde se concentra la contaminación eliminada (fangos). Los residuos tienen una serie de tratamientos llamados línea de fangos que son el espesamiento, la digestión anaerobia y la deshidratación.

Espesamiento: En los tratamientos anteriores se generan una cantidad de residuos en donde se concentra la contaminación eliminada (fangos). Al retirarlos también nos llevamos una gran cantidad de agua (aproximadamente un 95%) por lo que ocupan volúmenes importantes y facilitan la putrefacción de los mismos. La finalidad del espesamiento o espesado es reducir el volumen de los fangos mediante la eliminación parcial de esta agua.

Digestión anaerobia: Los fangos, después de pasar por el espesador, son llevados a unos depósitos separados, llamados digestores anaerobios, donde se procede a su estabilización. Esta estabilización se consigue mediante un procedimiento biológico que permite una degradación importante de la materia orgánica por medio de una fermentación llevada a cabo por unos microorganismos en un recinto cerrado y en ausencia de aire. De esta fermentación se obtienen ciertos gases, sobre todo: metano y dióxido de carbono.

Deshidratación: De los tratamientos anteriores de fangos, la reducción de agua en ellos es mínima y esto hace que tengan un gran volumen, por lo que es necesario eliminarla. La deshidratación se encarga de eliminar, en buena parte, el agua de los fangos. Existen varios tipos de máquinas para deshidratar los fangos, como los filtros de banda o las centrifugas, pero actualmente el más usado es la deshidratación por medio de centrifugas que consisten, esencialmente, en un tambor cilindro-cónico de eje horizontal girando a gran velocidad; la parte sólida que es más pesada se deposita abajo debido a la fuerza centrífuga.

LÍNEA DE GAS DE UNA DEPURADORA

En los tratamientos anteriores del agua y fangos, se generan gases. La línea de gas se encarga de aprovechar los gases obtenidos en la digestión anaerobia de los fangos y tratamiento secundario anaerobio, para equipos instalados en la misma planta o incluso (si se dispone de motores) generar electricidad (el gas es utilizado para alimentar las calderas de agua caliente que, mediante intercambiadores de calor agua-fango, comunicarán a éste la temperatura óptima para mantener el proceso de digestión. En plantas depuradoras de gran tamaño, el gas producido en la digestión excede las necesidades para el calentamiento del fango, por lo que es posible emplearlo para otras finalidades. Una de estas posibilidades, la más usual hoy en día, es utilizarlo como combustible de alimentación a motores que hacen funcionar un generador de energía eléctrica para el aprovechamiento de la misma en la planta).