

# UNIDAD 5.- LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

## Concepto de contaminación de aguas

El agua recubre casi las 3/4 partes de la superficie terrestre, siendo de vital importancia para los seres vivos, para algunos procesos geológicos y para muchas de las actividades del ser humano.

Las aguas presentes en la naturaleza constituyen los recursos hídricos, una parte de estos recursos pueden considerarse renovables, ya que se renuevan periódicamente, mediante el Ciclo del Agua y están a disposición del ser humano para satisfacer sus necesidades.

Como consecuencia de esta utilización antrópica, se produce la contaminación y pérdida de calidad de este recurso.

Según la Ley de Aguas se define contaminación como:

**La acción y 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 ecológica.**

Por lo tanto, la contaminación es la incorporación al agua de materias extrañas, residuos industriales o de otros tipos, o aguas residuales, que deterioran la calidad del agua o la hacen inútil para determinados usos.



En función del origen del contaminante se diferencian 2 tipos de contaminación:

**Natural:** por la presencia de sustancias contaminantes que no proceden de la actividad humana, como pueden ser polen, esporas, excrementos de animales presentes en el ecosistema, hojas, partículas sólidas arrastradas por la escorrentía, gases disueltos en el agua de lluvia.

**Artificial o Antrópica:** la contaminación se produce como consecuencia de las actividades

humanas,

En función de la forma de emisión y la zona afectada se puede distinguir entre:

**Difusa:** Contaminación cuyo origen no está bien definido, producida sin un **foco emisor** concreto y que afecta a amplias zonas de gran extensión. En general corresponde a contaminación natural o por actividades agrícolas, forestales, mineras, etc. y suele producirse por escorrentía o **infiltración**.

**Puntual:** la emisión tiene un origen definido, se produce desde un foco emisor concreto y afecta a una zona más o menos definida. Corresponde a contaminación antrópica generalmente por vertidos industriales, domésticos sanitarios, etc. Que descargan por tuberías o colectores.

### Para saber más

 [Monografía sobre contaminación de aguas, con amplia información sobre tipos de contaminación, fuentes y origen de contaminación, etc.](#)

### Autoevaluación:

Indica el tipo de contaminación del siguiente foco contaminante:  
Efluente de una Depuradora de Aguas Residuales.

- a) Natural
- b) Antrópica
- c) Puntual

- d) Difusa
- 

Indica el tipo de contaminación del siguiente foco contaminante:

Infiltración de agua de riego en cultivos intensivos.

- a) Natural
- b) Antrópica
- c) Puntual
- d) Difusa
- 

Indica el tipo de contaminación del siguiente foco contaminante:

Escorrentía del agua que circula por un bosque.

- a) Natural
- b) Antrópica
- c) Puntual
- d) Difusa
- 

Indica el tipo de contaminación del siguiente foco contaminante:

Balsa de decantación de ganadería estabulada.

- a) Natural

- b) Antrópica
  - c) Puntual
  - d) Difusa
- 

## **Concepto de calidad en función de los usos. Principales parámetros de medida de calidad**

Se puede definir calidad del agua de la siguiente manera

**Calidad del agua: capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que de ella se pueden obtener (Libro Blanco del Agua)**

**o bien...**

**Calidad del agua: condiciones que deben darse en el agua para que esta mantenga un ecosistema equilibrado (Directiva Marco del Agua de la UE)**

Es un término relativo, en función del uso a que va a ser destinada y las administraciones responsables establecen una serie de criterios, características, parámetros o índices que las aguas deben cumplir dependiendo de si van a ser utilizadas para consumo urbano, agrícola, industrial, medioambiental, estético, recreacional, etc.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son fijados por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) y por los gobiernos nacionales.

Para medir la calidad del agua se emplean una serie de parámetros e índices que miden el grado de alteración del agua y marcan los límites para su utilización:

- Parámetros indican las características y propiedades de los distintos contaminantes que alteran la calidad.
- Índices son valores numéricos que engloban valores de diversos parámetros y permiten expresar y cuantificar la calidad del agua.
- Parámetros físicos:
- Transparencia o turbidez: indican la presencia de partículas sólidas y microorganismos.
- Color, sabor y olor: indican la existencia de materia orgánica y partículas extrañas.

- Conductividad eléctrica: indican la existencia de sales disueltas.
  - Temperatura: indican la existencia de contaminación térmica.
  - Sustancias flotantes y sólidos disueltos.
  - Radiactividad: indican contaminación física radiactiva.
- Parámetros químicos:
    - pH: indica la acidez o basicidad del agua, la presencia de iones  $H^+$ . Los valores altos o bajos de pH alejados de la neutralidad ( $pH = 7$ ), o las variaciones de los niveles normales, suelen indicar presencia de partículas indeseables.
    - Alcalinidad: mide la presencia de iones bicarbonato o grupos hidroxilo.
    - Dureza: indican la existencia de iones  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  y se expresa en concentración de carbonato cálcico. El agua dura o muy blanda puede tener ventajas e inconvenientes para su utilización, instalaciones o incluso para la salud.
  - Concentración de iones: derivados del cloro, azufre, sodio, potasio, aluminio, hierro, y especialmente de nitrógeno (nitrógeno total, amoníaco, nitritos o nitratos) indican la existencia de contaminación reciente y puntual.
  - Cloro y Ozono: elementos utilizados en la potabilización pueden indicar buena desinfección o resultar irritantes.
  - Oxígeno disuelto (OD): las aguas naturales limpias están saturadas de oxígeno, al producirse un vertido contaminante y ser utilizado el oxígeno en su degradación disminuye la cantidad de OD.
  - Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): es una medida de la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica contenida en el agua.

El proceso de oxidación es lento y los compuestos orgánicos en su mayoría se degradan en 5 días, por lo que se utiliza el valor de DBO5 que se obtiene al restar del oxígeno disuelto inicial (OD), el oxígeno obtenido tras incubar durante 5 días a una temperatura de 20 °C.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO): mide el oxígeno disuelto en el agua necesario para oxidar toda la materia contaminante con un agente químico oxidante (dicromato o permanganato potásico), es decir sin la participación de los seres vivos.

El cociente entre DBO/DQO indica la proporción de sustancias biodegradables presentes en el agua e informa de la naturaleza orgánica o inorgánica del vertido.

- Carbono Orgánico Total (COT): medida del contenido total de carbono de los compuestos orgánicos contaminantes. Se obtiene este parámetro midiendo el  $CO_2$  producido al incinerar una muestra en un horno a alta temperatura.
- Parámetros biológicos:

Indican la cantidad de especies y número de microorganismos presentes en el agua, principalmente se controlan las especies patógenas y pueden ser virus, bacterias, hongos, algas o protozoos.

Los parámetros más utilizados son:

- Recuento de bacterias aerobias a 37 °C, por ser la temperatura óptima de crecimiento de las bacterias patógenas.
- Recuento de coliformes.
- Coliformes totales.
- Streptococos fecales.
- Clostridios sulforreductores.
- Bioindicadores o Indicadores Biológicos de Contaminación:

La presencia de determinadas especies de organismos puede indicar los niveles de contaminación o las variaciones de la calidad del agua. Las poblaciones fluctúan y algunas especies se ven perjudicadas por los contaminantes, mientras que otras son favorecidas. Por ejemplo larvas de insectos dípteros blefarocéridos, plecópteros, efímeras o crustáceos anfípodos (*Gammarus*) son indicadores de aguas limpias y bien oxigenadas, mientras que larvas de dípteros eristálicos (colas de rata), gusanos anélidos (*Tubifex*) o crustáceos isópodos son indicadores de aguas contaminadas.



Para saber más:

 Amplia información sobre los parámetros e índices de referencia, con tablas para los distintos usos del agua.

### Autoevaluación:

Indica si las siguientes frases son verdaderas o falsas:

Al producirse un vertido contaminante la cantidad de oxígeno disuelto (OD) aumenta: Selecciona... Verdadero Falso. Al producirse un vertido contaminante la DBO aumenta: Selecciona... Verdadero Falso. La presencia de contaminación fecal en un vertido urbano únicamente puede detectarse por parámetros biológicos: Selecciona... Verdadero Falso.

Completa las siguientes frases:

Entre los parámetros destacan el color, olor, sabor y la transparencia o . Los parámetros químicos de calidad del agua más utilizados son la cantidad de oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO), la DQO o y el COT o . Las colas de rata y los gusanos tubifex son indicadores de , mientras que efímeras y gammarus indican y oxigenadas.

## Contaminación física

La contaminación física se produce principalmente por variaciones de temperatura, por partículas radiactivas o por sólidos en suspensión que alteran las propiedades físicas y la calidad de agua.

- **Temperatura:** Esta contaminación se produce sobre todo en las instalaciones de producción de energía eléctrica térmicas o nucleares, y en las industrias siderúrgicas, que emplean agua en sus sistemas de refrigeración, provocando un aumento de temperatura en el efluente. En las centrales hidroeléctricas, el agua que pasa por las turbinas pierde temperatura respecto a la del embalse.

Las consecuencias son la alteración y cambios de los ciclos vitales de las diferentes especies del ecosistema acuático, la variación de la concentración de gases disueltos, como el oxígeno que influye en la presencia o no de determinados organismos, y los cambios en la velocidad de las reacciones químicas que influyen en los procesos de autodepuración del agua.

- **Partículas radiactivas:** Esta contaminación puede producirse en las centrales nucleares, hospitales y centros de investigación.

Entre sus efectos más importantes destacan la posibilidad de provocar muerte celular, lesiones, cáncer o mutaciones.



- **Sólidos en suspensión:** La presencia de sólidos inorgánicos como lodos, arenas o gravas, y orgánicos como restos procedentes de animales o vegetales que llegan al agua a partir de residuos domésticos o industriales, por efecto de la erosión o por infiltración provocan aumento de la turbidez, dificultando el paso de la luz e incidiendo negativamente sobre la actividad fotosintética, alterando las cadenas tróficas y la actividad de los seres vivos, además la presencia de algunos de estos compuestos puede ocasionar malos olores, alteración del color o del sabor del agua.

## Contaminación química

La contaminación química se produce principalmente por la presencia de compuestos orgánicos, inorgánicos o de gases procedentes de aguas residuales domésticas, agrícolas o ganaderas, o industriales.

- **Compuestos orgánicos:** Como glúcidos, grasas, aceites, proteínas, detergentes, pesticidas, etc. procedentes de aguas residuales domésticas, industriales o agrícolas, provocan malos olores, cambio de color y la alteración de las cadenas tróficas. La formación de espumas a partir de algunos de estos contaminantes, dificulta el intercambio y la disolución de gases entre la superficie del agua y la atmósfera y dificulta los procesos de autodepuración del agua.
- **Compuestos inorgánicos:** La presencia de diversos elementos o compuestos azufre, fósforo, cloro y sus derivados como cloruros, fosfatos, sulfuros, compuestos nitrogenados o metales pesados como el zinc, cadmio o mercurio pueden causar importantes problemas de contaminación de las aguas. Esta contaminación puede producirse por vertidos de aguas residuales domésticas, adición de cloro y sus derivados al agua de suministro urbano, por intrusión salina en los acuíferos, por vertidos industriales, agrícolas o ganaderos. Las consecuencias de esta contaminación pasan por variaciones del pH y por lo tanto del equilibrio químico y biológico, salinización y variación de la dureza del agua, envenenamiento y muerte

de organismos por metales pesados, o procesos de eutrofización (se tratará ampliamente en esta unidad).

- Gases: Principalmente derivados del azufre ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y oxígeno procedentes de aguas residuales domésticas o de infiltración y que provocan malos olores y sabores.



## Contaminación biológica


La contaminación biológica se produce por la presencia de organismos en el agua, procedentes principalmente de aguas residuales domésticas, vertidos ganaderos, plantas de tratamiento y depuración de aguas residuales y materia orgánica de seres vivos, su efecto principal es la producción y transmisión de enfermedades:

ORGANISMOS	ENFERMEDADES
<b>VIRUS:</b> Adenovirus Enterovirus Poliovirus Hepatitis A Reovirus Rotavirus	Poliomielitis Parálisis Hepatitis infecciosa Diarreas Gastroenteritis vírica Varias
<b>BACTERIAS:</b> Escherichia coli Salmonella tphi Salmonella paratphi Vibrio cholerae Shigella Yersinia	Diarreas Fiebres tifoideas Fiebres paratifoideas Salmonelosis Disentería Cólera Septicemia
<b>PROTOZOOS:</b> Entomaeba histolytica Balentidium Giardia	Disentería amebiana Problemas hepáticos Diarreas Gastroenteritis

	<p>Disentería</p> <p>Mala absorción</p>
<p>PLATELMINTOS Y NEMATODOS:</p> <p>Ascaris lumbricoides</p> <p>Fasciola hepatica</p> <p>Schistosoma haematobium</p> <p>Taenia saginata</p> <p>Taenia solium</p>	<p>Ascariasis</p> <p>Fasciolosis</p> <p>Esquistosomiasis</p> <p>Teniasis</p> <p>Quistes hidatídicos</p>
<p>ALGAS</p>	<p>Malos olores</p> <p>Color</p> <p>Mal sabor</p>



Para saber mas:

 Capitulo del libro electrónico de Ciencias de la Tierra, con apartados para alteraciones físicas, químicas y biológicas, con tablas y resúmenes.

### Autoevaluación:

Indica el tipo de contaminación más importante de cada vertido o actividad:

Aguas negras de salida de un colector de cuartos de baño:

Selecciona... Física Química Biológica Refrigeración de una central térmica de producción de energía eléctrica:

Selecciona... Física Química Biológica Lixiviado procedente de un vertedero de residuos sólidos urbanos: Selecciona... Física Química Biológica

Comprobar 

Relaciona cada enfermedad con los organismos que las provocan:

a) Cólera

Selecciona... Virus Bacterias  
Protozoos Platelmintos y

	Nematodos Virus (otro)
b) Hepatitis	Selecciona... Virus Bacterias Protozoos Platelminos y Nematodos Virus (otro)
c) Quiste hidatídico	Selecciona... Virus Bacterias Protozoos Platelminos y Nematodos Virus (otro)
d) Poliomiелitis	Selecciona... Virus Bacterias Protozoos Platelminos y Nematodos Virus (otro)
e) Gastroenteritis amebiana	Selecciona... Virus Bacterias Protozoos Platelminos y Nematodos Virus (otro)

Comprobar 

## Eutrofización

El término Eutrofización significa "bien alimentado" y se emplea para designar un problema de contaminación de las aguas que se inicia por la presencia de nutrientes que desencadenan una serie de procesos que pueden apreciarse en el siguiente esquema:



1. Aumento de Fósforo (P) y Nitrógeno (N) a partir de fosfatos, nitritos, nitratos, proteínas o compuestos organofosforados, procedentes de vertidos agrícolas y domésticos, sobre todo por el exceso de abonos y detergentes. Estos elementos, sobre todo el fósforo, actúan como factores limitantes del crecimiento en condiciones normales, al estar presentes en el agua dejan de limitar el crecimiento de las poblaciones de



organismos y se produce un gran incremento de estos.

2. Proliferación del fitoplancton sobre todo algas, que al contar con abundantes nutrientes crecen descontroladamente, aumentan la turbidez del agua y forman una capa de color verde-amarillenta que dificulta el paso de la luz solar a zonas profundas.

3. Sedimentación de materia orgánica, provocada por la reducción de luz al formarse la capa de algas verdes en superficie, los organismos fotosintetizadores que van muriendo se acumulan en el fondo, toda esa materia orgánica va siendo descompuesta por bacterias aerobias que consumen oxígeno, reduciendo la capacidad de autodepuración del agua y llegando a crear condiciones de anoxia (ausencia de oxígeno). Al reducirse los nutrientes por el

incremento del fitoplancton y producirse la muerte de estos organismos, otros se ven favorecidos, como por ejemplo las cianobacterias o cianofíceas ya que pueden fijar el nitrógeno atmosférico directamente y que con su posterior muerte incrementan la acumulación de materia orgánica.

4. Fermentaciones o degradación anaerobia de materia orgánica por acción de bacterias anaerobias que producen compuestos sulfurados ( $H_2S$ ), nitrogenados ( $H_3N$ ) y metano ( $CH_4$ ) que alteran las características del agua (olor y sabor).

Las consecuencias son aguas estancadas, coloreadas y que producen malos olores y mal sabor.

Las soluciones a este problema de contaminación son principalmente limitar o prohibir los

vertidos, depurar las aguas residuales, reducir el contenido en fosfatos de los detergentes o utilizar productos alternativos, inyectar oxígeno para evitar los procesos anaerobios o añadir nitrógeno para dificultar el incremento de cianofíceas.

Este problema se presenta principalmente en lagos, embalses, charcas, remansos, o zonas de ríos de aguas muy lentas, estuarios, mares cerrados, etc.

En algunos casos se producen algas tóxicas (mareas rojas) y aumento de protozoos flagelados que producen toxinas y provocan la muerte de peces y afectan al resto de componentes de las cadenas tróficas y a las actividades económicas (pesca, marisqueo, etc.).

## Contaminación de los cursos de agua continentales

Los ríos y cursos fluviales en general reciben diversas sustancias que pueden alterar las características y la calidad de sus aguas, por su propia dinámica al erosionar el terreno, o al recibir sales, materia orgánica, sólidos, etc. en función del tipo de terreno por el que discurre o de los aportes y escorrentía que recibe. Además reciben los contaminantes de origen antrópico generados por el uso del agua como recurso en actividades agrícolas, ganaderas, industriales, energéticas o urbanas. Si esos vertidos superan la capacidad de autodepuración del río, se produce la contaminación que genera problemas ambientales que pueden afectar a los ecosistemas acuáticos, alterando a los seres vivos, a la calidad del agua y dificultando su utilización.

Entre las actividades que más afectan a los cursos de agua continentales, podemos destacar:

- Actividades agrícolas: por el exceso de abonos, fertilizantes y plaguicidas.
- Actividades ganaderas: producen sólidos en suspensión, materia orgánica, bacterias, patógenos, hormonas, metales pesados.
- Actividades domésticas o urbanas: el uso doméstico genera sales, grasas, sólidos, detergentes en cocinas, jabones, líquidos de limpieza en baños, excrementos y microorganismos de saneamientos, y arenas, abonos y plaguicidas del riego y limpieza de calles y jardines.

- Actividades industriales: vertidos directos o parcialmente depurados, filtraciones de balsas de decantación, escombreras o aportes a acuíferos.
- Actividades nucleares: producen contaminación energética y térmica en los procesos de extracción y refinado de combustible radiactivo, en las fases de producción de electricidad o en la refrigeración de los reactores, en instalaciones militares y hospitalarias.
- Además la contaminación y sobreexplotación de acuíferos y la Eutrofización, que por su importancia se analizan independientemente en esta unidad.



## Contaminación de los mares. Mareas Negras

Los problemas de contaminación natural del agua de mares y océanos suelen tener poca importancia y debido al gran volumen de agua, la capacidad de autodepuración es suficiente para contrarrestarla.



La contaminación antrópica si es importante y se debe a los aportes de contaminantes de los ríos al desembocar en el mar, vertidos de basuras y aguas residuales de ciudades costeras y de industrias ubicadas en el litoral.

Es de destacar la contaminación producida por actividades relacionadas con el petróleo y que ocasionan importantes catástrofes ambientales:

Extracción en plataformas  
Trasvase, carga y descarga entre plataformas,

buques,  
refinerías, etc.  
Limpieza  
de tanques de los  
barcos.  
Accidentes  
de petroleros.

Todas estas actividades producen los derrames denominados Mareas Negras, y en contra de la opinión popular tan solo alrededor de un 10 % de los vertidos se producen por accidentes en los petroleros, pero por el volumen derramado puntualmente resultan más llamativos, más del 70 % se producen en las actividades rutinarias de carga y descarga, y otra parte importante se produce al vaciar de las bodegas de carga el agua empleada para lastras los buques en los viajes de retorno (una vez descargados los buques petroleros, llenan de agua los tanques para mejorar su flotabilidad, realizan el viaje de vuelta y en las proximidades del lugar de carga vacían el agua-lastre impregnada de restos de petróleo).

Los efectos de los  
vertidos de petróleo  
son entre otros:

Impregnación  
directa que produce la  
muerte de seres vivos,  
muerte por hundimiento  
al perder la flotabilidad,  
asfixia, etc.

Envenenamiento  
por ingestión.

Muerte por pérdida  
de temperatura al  
impregnarse pelos y  
plumas que pierden su  
impermeabilidad y  
capacidad aislante y  
termorreguladora.

Pérdida de la  
capacidad de vuelo y  
desplazamiento en el  
agua.

Alteración de las



cadenas tróficas al dificultar el paso de la luz e impedir la realización de la fotosíntesis por parte de las algas y organismos autótrofos, afectando al resto de eslabones de la cadena.

Disminución del intercambio gaseoso y de la disponibilidad de oxígeno.

Alteración del fondo marino, del litoral, playas, marismas, arrecifes, etc.

Alteración de actividades pesqueras, marisqueo y acuicultura tanto de peces, moluscos o crustáceos (lubina, dorada, rodaballo, percebe, mejillón, ostra, almeja, berberecho, etc.) con los consiguientes problemas económicos y sociales.



El petróleo vertido al mar sufre una serie de procesos que permiten su reducción y eliminación, aunque en muchos casos es solo un cambio de emplazamiento y permanecen en los ecosistemas

durante  
muchos años.  
Entre esos  
procesos  
podemos  
mencionar:

Expansión  
del vertido.

Volatilización y evaporación  
de hidrocarburos.

Fotooxidación por efecto del  
oxígeno y la luz  
sobre la  
superficie.

Dispersión,  
emulsión y  
disolución de  
diversos  
componentes.

Sedimentación de partículas  
pesadas.

Degradación bacteriana  
sobre partículas  
del vertido.

Deposito en  
acantilados,  
playas o litoral.

Una vez producida una marea negra, se emplean métodos artificiales para reducir sus efectos y eliminar en lo posible el vertido:

- Recogida mecánica del petróleo para su posterior utilización, procesado o deposito, mediante bombas de aspiración, espumaderas o palas mecánicas.
- Quema del vertido, aunque se liberan derivados de azufre y nitrógeno que producen lluvias ácidas o lluvias negras.
- Barreras flotantes para contener el vertido, aislarlo o impedir la afectación de determinadas zonas.
- Empleo de sustancias absorbentes, dispersantes o de hundimiento, aunque trasladan el problema de lugar.

- Biorremediación, que consiste en el empleo de bacterias que degradan el petróleo.

Los grandes desastres ecológicos causados por las mareas negras requieren medidas para evitarlos y prevenirlos, leyes, acuerdos y tratados internacionales que regulen el transporte del petróleo, la utilización de buques adecuados (doble casco) y evitar los barcos con bandera de conveniencia (evitan normas y reglamentos).



## Contaminación de las aguas subterráneas

Como ya vimos en la unidad anterior, las aguas subterráneas representan un recurso hídrico muy importante. Algunas de las características de las aguas subterráneas condicionan la posibilidad de su contaminación, representando ventajas e inconvenientes para su alteración y posterior eliminación de contaminantes:

- La velocidad de transmisión de agua en un acuífero es muy lenta, por lo tanto también lo es la transmisión de contaminantes..
- La facilidad de contaminación es media o baja, ya que los acuíferos poseen filtros biológicos, químicos y físicos.
- La capacidad de autodepuración es baja, así como las posibilidades de depuración y eliminación de contaminantes de forma artificial.

Los principales problemas asociados a las aguas subterráneas son la contaminación, sobreexplotación y salinización de acuíferos.

- La contaminación se produce por vertidos urbanos, industriales, agrícolas o ganaderos, por fugas de depósitos, conducciones o balsas de almacenaje o decantación, por infiltración y lixiviados de vertederos, basureros, terrenos con abundantes fertilizantes o plaguicidas, efluentes de granjas ganaderas, etc.



- La sobreexplotación de aguas subterráneas se produce cuando este recurso se utiliza en grandes cantidades y a una velocidad superior a la capacidad de recarga del acuífero, se produce el descenso del nivel freático y ocasiona grandes problemas ambientales y de disponibilidad de agua.


Un claro ejemplo de este problema es la sobreexplotación del acuífero 23, relacionado con los cambios en los cultivos de la zona y que ha llevado a la zona del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel a una situación insostenible y de difícil recuperación.





- La intrusión salina se produce cuando la sobreexplotación de un acuífero se produce en las proximidades del mar, al descender el nivel freático el agua de mar densa y salada se introduce en el acuífero y saliniza sus aguas, esto dificulta o impide su utilización para uso doméstico y agrícola. Este problema ha aumentado mucho en España, sobre todo en el litoral mediterráneo, debido al aumento de la demanda de recursos hídricos por el aumento de actividades turísticas, de uso recreativo y agrícola (regadíos y cultivos de invernadero).




Para saber más:

 Capítulo del libro electrónico de Ciencias de la Tierra, dedicada a la contaminación del agua, con apartados para contaminación de ríos y lagos, mares y costas, aguas subterráneas, vertidos de petróleo y eutrofización.

 Capítulo de la enciclopedia libre dedicado a la eutrofización, definición, causas y situación de los lagos.

 Página con amplia información sobre mareas negras, definición, cantidades, origen, accidentes, evolución del vertido, métodos de limpieza, efectos en la salud, convenios y legislación.

 Página con amplia información sobre contaminación de acuíferos, definición, origen, prevención y control, medidas correctoras.

### Autoevaluación:

Indica si es verdadero o falso:

La contaminación de acuíferos es más fácil de detectar y solucionar que la de aguas superficiales: Selecciona...

Verdadero Falso La eutrofización se desencadena por los vertidos de fósforo y nitrógeno de origen agrícola y urbano:

Selecciona... Verdadero Falso La principal causa de

contaminación del mar por derivados del petróleo son los

accidentes de los buques petroleros: Selecciona... Verdadero

Falso

Comprobar 

Completa las siguientes frases:

El proceso de contaminación del agua por aumento de nutrientes y proliferación del plancton se denomina . El método

de eliminación de mareas negras utilizando bacterias que degradan hidrocarburos se llama . La sobreexplotación de

acuíferos costeros provoca la salinización de las aguas

subterráneas, fenómeno que se conoce como .

Comprobar 

## El proceso de autodepuración de los cursos de agua continentales

La autodepuración de las aguas comprende un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en una masa de agua de modo natural y que provocan la desaparición de las sustancias extrañas presentes en ella.

Entre otros los procesos de dilución, reacciones fotoquímicas, descomposición bacteriana de la materia orgánica, asimilación de nutrientes por algas y vegetales, etc. consiguen reducir o eliminar los contaminantes.

Diversos factores influyen en estos procesos de depuración natural, principalmente el tipo de masa de agua, el caudal o volumen de agua, la velocidad de movimiento del agua, nivel de oxígeno, cantidad y tipo de contaminantes, presencia y abundancia de microorganismos, etc.

Los ríos y cauces superficiales tienen una capacidad de depuración elevada en su curso alto, debido a la rapidez del agua, a la alta oxigenación y la poca cantidad de contaminantes, pero a medida que se incorporan vertidos y se llega al curso medio o bajo con el descenso de velocidad de movimiento va perdiendo capacidad de depuración.

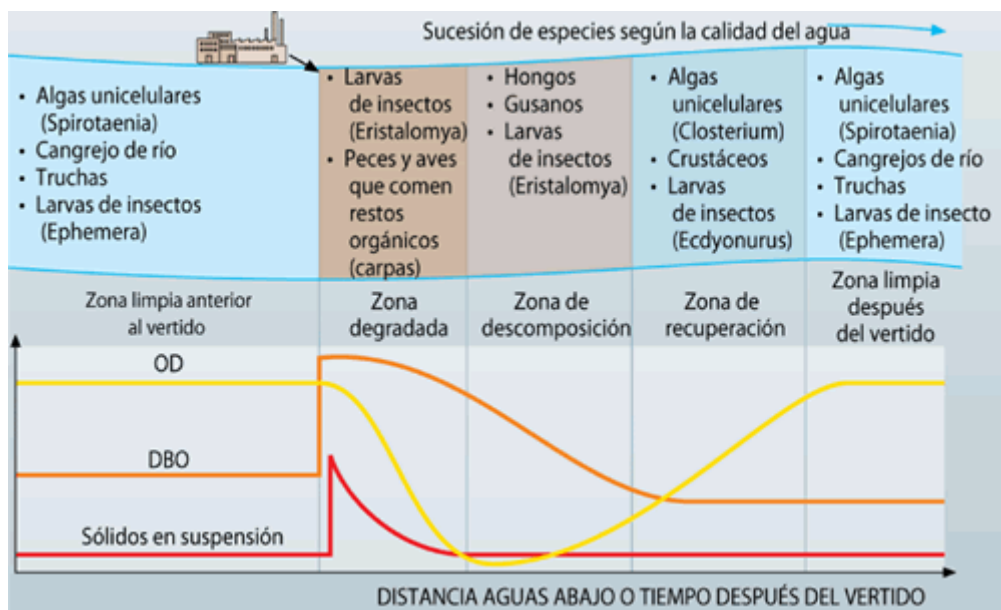


En los acuíferos y aguas subterráneas la capacidad de autodepuración es baja, debido a la lentitud de movimiento del agua, a la baja presencia de oxígeno y a la escasa actividad microbiana.

En los mares y océanos la autodepuración es alta, sobre todo por la dilución en el gran volumen de sus aguas, la actividad bacteriana y de las algas es alta y también reduce la contaminación. En lugares concretos como bahías o costas próximas a focos contaminantes urbanos o industriales, la capacidad de autodepuración se reduce y no es suficiente para eliminar los vertidos.

Cuando se produce un vertido y a medida que evoluciona y se va produciendo la autodepuración, se distinguen diversas zonas o fases:

- Zona polisaprobia, de degradación y descomposición activa. Zona con alta contaminación por vertido, se inicia la degradación de materia orgánica por bacterias, algas y otros organismos, consumen una gran cantidad de oxígeno y se desprenden gases que producen mal olor, color y aspecto desagradable, Pueden desaparecer especies de seres vivos habituales del curso fluvial y se favorece la de aquellos que toleran altos niveles de contaminación.
- Zona mesosaprobia o de recuperación. En esta zona se produce oxidación de materia orgánica, se recupera el nivel de oxígeno por el intercambio superficial y la actividad fotosintética, las aguas tienen mejor aspecto y son más claras.
- Zona oligosaprobia o de aguas limpias. Zona con aguas de similares características a las del curso fluvial antes de producirse el vertido. Las comunidades de seres vivos colonizan el hábitat y vuelve a establecerse el equilibrio natural.



Para saber más:

Página de la revista ambientum con información del proceso de autodepuración en distintos cursos y masas de agua.

### Autoevaluación:

Indica si es verdadero o falso:

La capacidad de autodepuración de las aguas subterráneas es baja: Selecciona... Verdadero Falso  
 Los mares y océanos tienen una capacidad de autodepuración muy alta:

Selecciona... Verdadero Falso  
 La autodepuración de los ríos varía en función del volumen de agua y su velocidad:

Selecciona... Verdadero Falso

Comprobar

Relaciona cada uno de los términos con las condiciones de contaminación:

a) Polisaprobia	Selecciona... Zona de aguas limpi as Zona de alta contaminación Zona de recuperación, contaminación intermedia
b) Mesosaprobia	Selecciona... Zona de aguas limpi as Zona de alta contaminación Zona de recuperación, contaminación intermedia
c) Oligosaprobia	Selecciona... Zona de aguas limpi as Zona de alta contaminación Zona de recuperación, contaminación intermedia

Comprobar 

## Características y producción

Las aguas contaminadas de origen urbano proceden del uso del agua en viviendas, locales comerciales y servicios públicos, por lo tanto los principales contaminantes que se encuentran en ellas corresponden a restos de alimentos y comidas, productos de limpieza, aguas de higiene y saneamiento, residuos fecales, y además sustancias procedentes de los servicios urbanos y alcantarillado.

Las aguas residuales urbanas incluyen aguas de diversa procedencia como:

- Domiciliarias:
- Cocinas: sales, grasas, aceites, sólidos, detergentes.
- Baños, aguas-blancas: jabón, líquidos de limpieza, lejía, cosméticos.
- Baños, aguas-negras: restos fecales y microorganismos aerobios y anaerobios.
- Lavado de locales: jabón, arena, papel.
- Servicios públicos:
- Limpieza pública de calles: arenas, residuos.
- Riego de parques y jardines: nutrientes, fertilizantes y plaguicidas.
- Aguas pluviales.



## Depuración de Aguas Residuales. Tratamientos primarios, secundarios y terciarios

Los sistemas de depuración de aguas son procedimientos para eliminar o reducir los contaminantes de las aguas residuales y devolverla al medio natural con características similares a su estado natural o que permitan la posterior autodepuración natural realizada por el medio receptor.

Básicamente existen dos tipos de sistemas de depuración de aguas residuales:

- **Sistemas de depuración blanda:** consisten en emplear los procesos naturales de la autodepuración en instalaciones artificiales y en condiciones controladas. Necesitan pocos gastos de instalación y mantenimiento, y son adecuados para núcleos urbanos pequeños que generen poco volumen de aguas residuales y con recursos escasos recursos económicos. Entre estos sistemas destacan:
- **Lagunaje:** El agua residual se deposita en lagunas artificiales durante el tiempo suficiente para que se sedimenten las partículas contaminantes y se degrade la materia orgánica por la acción de microorganismos aerobios y anaerobios, dependiendo de la profundidad de las lagunas.

- Filtros verdes: También llamados sistemas de depuración de aguas residuales por aplicación al terreno y se basa en el mantenimiento de cultivos de árboles de crecimiento rápido (principalmente chopos) que se riegan con las aguas residuales. El suelo (retención, absorción, intercambio de iones y acción microbiana) y la vegetación (absorción de nutrientes) eliminan una gran parte de los contaminantes.
- Lechos de turba: son balsas llenas de turba vegetal, por la que se hace pasar el agua residual produciéndose depuración física y química, además la turba es un buen sustrato para la fijación de microorganismos y se produce una buena filtración biológica.



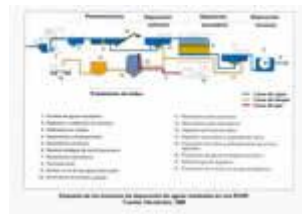
- Sistemas de depuración dura o tecnológica: se emplean en vertidos de grandes núcleos urbanos y que pueden recoger aguas de industrias, ganaderías, etc., de gran volumen y cantidad de contaminantes. La depuración se realiza en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), mediante procesos físicos, químicos y/o biológicos. Necesitan grandes inversiones en instalación, mantenimiento y un gran gasto energético.



A medida que el agua residual sufre los diferentes procesos de depuración y se van separando los contaminantes, la necesidad de aplicar nuevos tratamientos y procesos, por lo que podemos distinguir 3 líneas de actuación básicas:

- Línea de agua: agrupa los procesos que se aplican al agua residual desde su entrada en las instalaciones a partir de los colectores, hasta su salida como efluente líquido a un receptor (arroyo, río, embalse, etc.).
- Línea de fangos, lodos o biosólidos: se producen al depurar y concentrar los contaminantes del agua residual. Es el tratamiento de la fracción sólida.
- Línea de gas: corresponde a los procesos que se aplican al biogás (mezcla de metano y dióxido de carbono) que se produce en el tratamiento de los fangos.

En el siguiente esquema se representan los procesos que tienen lugar en el tratamiento de aguas residuales en una EDAR



Pulsa sobre la imagen para ampliarla

## Línea de agua

Los procesos de depuración de la fracción líquida incluyen las siguientes fases:

**Pretratamiento:** consiste en separar y eliminar de forma mecánica materiales de gran tamaño como trapos, restos vegetales y de animales muertos, papeles, cartones, plásticos, arenas, grasas, etc., mediante diferentes procesos:

**Desbaste o cribado:** mediante un sistema de rejas o tamices de tamaño cada vez más pequeño.

**Desarenado y desengrasado:** se eliminan las partículas de arena por sedimentación y las grasas y aceites por flotación.



Los residuos generados en ambos procesos se eliminan a vertedero.

**Tratamiento primario:** consiste en separar sólidos en suspensión no retenidos en el pretratamiento por métodos físico-químicos, incluye:

- **Decantación o sedimentación primaria:** el agua permanece cierto tiempo en unos tanques de sedimentación denominados decantadores primarios donde se separan partículas por gravedad que posteriormente serán separadas (fangos o lodos primarios que serán tratados en la línea de fangos).

- Floculación: consiste en añadir compuestos químicos al agua residual (generalmente sales de hierro y aluminio) que se combinan con los sólidos en suspensión y forman agregados de mayor tamaño (flóculos) que flotan y se retiran fácilmente.
- Neutralización: se controla y ajusta el pH para facilitar posteriores tratamientos.
- Tratamiento secundario: consiste en eliminar materia orgánica biodegradable (hasta el 70-90 % del total inicial) por procesos biológicos con microorganismos y otro proceso de decantación secundaria, incluye:
  - Oxidación biológica: mediante la acción de bacterias aerobias y protozoos la materia orgánica se transforma en sustancias minerales inocuas. Los métodos más empleados son:
 

Lechos bacterianos: o filtros de goteo, formado por una masa de piedras, escorias o material poroso donde se desarrollan bacterias, al pasar el agua a través de ellas absorben la materia orgánica en suspensión y disuelta.

Fangos o lodos activos: grandes tanques o piscinas a los que se inyecta oxígeno para favorecer la proliferación de microorganismos que absorben y degradan los residuos orgánicos.
  - Decantación secundaria: eliminación de materia orgánica y microorganismos por sedimentación.



Dependiendo del uso posterior del agua, en algunas EDAR el agua se descarga a un río o embalse sin más tratamiento y se autodepurará de forma natural, en otros casos se aplica un tratamiento posterior o terciario.

Tratamiento terciario: consiste en eliminar contaminantes que perduran tras los tratamientos anteriores, como por ejemplo elementos como fósforo y nitrógeno (que provocan la eutrofización de las aguas), virus, metales pesados, materia orgánica disuelta, etc.

Los procesos más utilizados en esta fase son:

Adsorción (fijación en superficie) con carbón activo.  
Cambio iónico.  
Separadores de membrana.  
Filtros de arena.  
Ósmosis inversa.  
Electrodialisis  
Ultrafiltración



- Desinfección: se aplica en función del destino final del agua y su fin es eliminar posibles bacterias, virus y microorganismos patógenos y por lo tanto problemas de salud.

Los métodos más utilizados son:

- Luz ultravioleta.
- Ozonización.
- Cloración.

## Línea de fangos, lodos o biosólidos

Los lodos o fangos producidos en los procesos de depuración de la línea de agua (decantación primaria y secundaria) son tratados de forma independiente y constituyen la línea de fangos, lodos o biosólidos.

Comprende los siguientes procesos:

- **Concentración o espesamiento:** se elimina la mayor parte del agua que contienen, reduciéndose en lo posible el volumen de los fangos.

Los métodos más utilizados son:

- Espesamiento por gravedad.
  - Flotación.
  - Centrifugación.
- 
- **Estabilización:** se elimina la materia orgánica presente en los fangos se puede hacer de forma aerobia o anaerobia, por acción bacteriana en presencia o no de oxígeno. La estabilización anaerobia se realiza en unos depósitos cerrados denominados digestores y la materia orgánica mediante fermentaciones se transforma en ácidos y gases, metano y CO<sub>2</sub> que forman el biogás que es tratado en la línea de gas.
  - **Acondicionamiento químico:** se añaden compuestos químicos para provocar la precipitación de sólidos.
  - **Deshidratación:** se elimina el agua de los fangos mediante secado, prensado, filtros, centrifugación o utilizando el gas producido.
  - **Evacuación:** los fangos una vez desecados se eliminan, teniendo muchas posibilidades de reutilización como veremos posteriormente.



## Línea de gas

Es el tratamiento que se realiza en el gas producido por la degradación anaeróbica en los digestores, está formado por metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Se utiliza para el autoabastecimiento energético de la EDAR, para el secado de los lodos y los excedentes se eliminan por combustión.






## Lodos de depuradora

Los lodos producidos durante la depuración y una vez realizados los procesos de la línea de fangos tienen que ser evacuados, eliminados o reutilizados. Dependiendo de las características del agua tratada en la EDAR y su procedencia se debe evaluar su utilización más adecuada, y si además, no se han aplicado los tratamientos terciarios o de desinfección, se deben extremar las precauciones para evitar problemas sanitarios, puesto que algunas sustancias como metales pesados, hormonas o también organismos patógenos pueden estar presentes en los lodos.

Entre los destinos finales de los lodos podemos destacar:

- Descarga en vertedero o en el mar.
- Incineración.
- Alimentación de ganado y piensos de acuicultura.
- Producción de carbón activo.
- Ecocerámica: proyecto experimental en Castilla-La Mancha que utiliza los lodos en la fabricación de productos cerámicos.
- Reconstrucción de suelos degradados.
- Producción de Compost.
- Aplicación en agricultura: por su alto contenido en fósforo, nitrógeno y potasio, su capacidad para formar humus, etc. se utiliza como fertilizante en cultivos de maíz, patata, remolacha, arroz, cereales, frutales, viñedos, legumbres, praderas para pasto, etc.

Para saber más:

-  Capítulo del libro electrónico de Ciencias de la Tierra, dedicada a la depuración de aguas residuales.
-  Capítulo de la enciclopedia libre dedicado al tratamiento de aguas residuales.
-  Página con amplia información sobre estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR).

### Autoevaluación:

Indica si es verdadero o falso:

Las técnicas de depuración blanda son muy poco efectivas para depurar las aguas residuales urbanas: Selecciona...

Verdadero Falso Los fangos obtenidos en los procesos de depuración de aguas residuales son muy peligrosos y deben ser eliminados por incineración: Selecciona... Verdadero Falso

El tratamiento secundario más utilizado en las EDAR es el de lodos activos: Selecciona... Verdadero Falso

Comprobar 

Completa las siguientes frases:

Los procesos realizados en una EDAR incluyen la depuración de la fracción líquida en la , la eliminación de la fracción sólida en la y la línea de gas.

El biogás es una mezcla de y , que se produce por fermentaciones realizadas por .

El proyecto de aprovechamiento de los lodos de depuradoras para fabricar ladrillos, tejas y otros productos cerámicos se denomina .

Comprobar 