

## CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

### BLOQUE 2-4: DINÁMICA DE LOS SISTEMAS FLUIDOS: LA HIDROSFERA. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

B2.7. La hidrosfera y su papel como regulador climático.

B2.8. Relación de las corrientes oceánicas con la circulación de los vientos y el clima y con algunos fenómenos climáticos.

#### 2.7. La hidrosfera y su papel como regulador climático.

La hidrosfera es la envoltura de la superficie terrestre formada por los océanos, mares, ríos, lagos, glaciares, junto con las aguas subterráneas.

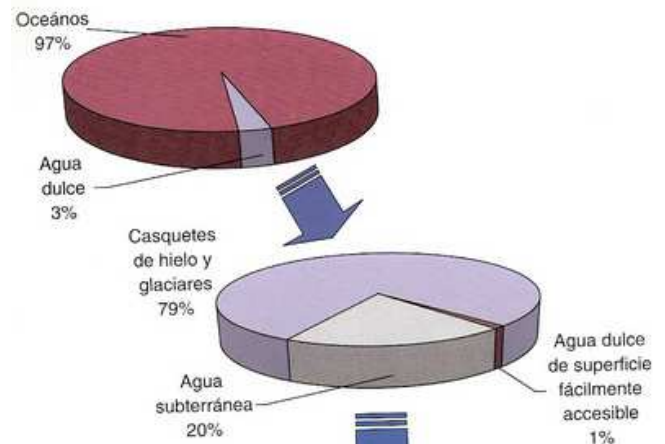
Es un sistema abierto ya que intercambia materia y energía con los otros sistemas terrestres, cambiando de estado y de localización.

El principal elemento que constituye la hidrosfera es el agua. En la hidrosfera, el agua no se encuentra en estado puro, sino que contiene muchas sustancias en disolución y materiales en suspensión.

#### Distribución del agua en la tierra

Aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua. En la hidrosfera distinguimos:

1. **Las aguas saladas:** constituyen el 97% de la hidrosfera, son las aguas de los océanos y los mares. Su profundidad media es de 4000 m.
2. **Las aguas dulces:** Representan el 3% de la hidrosfera. Son las aguas que se localizan en los continentes. Se distribuyen a su vez en:
  - a) Hielo: el agua congelada constituye un 79% del agua dulce.
  - b) Aguas subterráneas: circulan por el subsuelo y se acumulan en los acuíferos. Representan el 20%.
  - c) Agua líquida superficial: solo constituye un 1% del total. En este grupo se incluye el agua de los lagos, ríos, torrentes, manantiales, la que contienen los seres vivos y un porcentaje difícil de calcular en la atmósfera.



#### El ciclo hidrológico

El agua de la hidrosfera experimenta movimientos y cambios de estado describiendo un ciclo llamado ciclo del agua.

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:

- **Precipitación:** es la caída de agua en forma líquida o sólida sobre la superficie terrestre a partir del vapor de agua atmosférico.
- **Evapotranspiración:** con este nombre se agrupan dos procesos: la **evaporación** por la que el agua líquida de la superficie terrestre pasa a la atmósfera en forma de vapor mediante un mecanismo, exclusivamente físico y la **transpiración** cuando se produce por la acción de los seres vivos, especialmente la vegetación.
- **Infiltración:** el agua que cae sobre la superficie continental penetra a través del suelo, más o menos profundamente, pudiéndose incorporar a las aguas subterráneas.
- **Escorrentía:** es el proceso por el cual el agua discurre por la superficie continental a favor de la pendiente, hacia el mar. Se produce cuando el suelo ya no tiene capacidad de infiltrar toda el agua que ha recibido por precipitación.



Se calcula que en todo el planeta se evapora cada año unos 500.000 km<sup>3</sup> de agua que vuelven de nuevo a la superficie terrestre en forma de precipitaciones. Este es el **balance hídrico global de la Tierra**. Sin embargo, la cantidad de agua que se evapora y precipita varía con las **estaciones** del año y con la **latitud**, debido a la distinta incidencia de los rayos solares, de forma que en el ecuador predomina la evaporación y en latitudes superiores la precipitación.

Dentro del ciclo hidrológico, la relación entre la atmósfera y el océano es el proceso de mayor importancia ya que existe un intercambio constante en la frontera aire-mar de materia (H<sub>2</sub>Ov, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, sales) y de energía sobre todo la calorífica:

- **Con relación al vapor de agua**, al aumentar la temperatura de la superficie de los océanos, se produce la evaporación del agua, el agua evaporada almacena calor latente que luego se libera por los procesos de condensación y precipitación.
- **Con relación al oxígeno**, la actividad fotosintética del fitoplancton genera un incremento de O<sub>2</sub> en la superficie del agua, que escapa a la atmósfera. El océano contribuye de esta forma a la composición de este gas en la atmósfera. Por otra parte, los seres vivos oceánicos utilizan en los procesos respiratorios el oxígeno atmosférico que pasa al océano por disolución.
- **Con relación al CO<sub>2</sub>**, el océano contribuye a que disminuya la cantidad de CO<sub>2</sub> atmosférico y con ello disminuye el efecto invernadero, **actuando como sumidero de este gas** gracias a dos mecanismos principales:
  - a) Disolución del CO<sub>2</sub> que existe en la capa de la atmósfera en contacto con el agua oceánica.
  - b) Fotosíntesis por parte de los componentes del fitoplancton con arrastre posterior hacia las capas profundas del océano del CO<sub>2</sub> fijado.
- **Con relación a las sales minerales oceánicas**, el intercambio con la atmósfera es muy pequeño si se compara con el que procede de los continentes. Algunos iones pueden llegar al océano por procesos de circulación de los vientos y su posterior precipitación.

**La energía producida por el INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE EL OCÉANO Y LA ATMÓSFERA, constituye un verdadero motor térmico del planeta= VIENTOS - OLAS – CORRIENTES MARINAS**

Dicho intercambio es responsable de que existan diferentes temperaturas en los polos y en el ecuador que provocan la circulación de las masas de aire en la atmósfera (VIENTO) y de las aguas en los océanos (OLAS y CORRIENTES MARINAS). Gracias a este calentamiento diferencial la temperatura se mantiene más o menos constante en las diferentes regiones de la Tierra.

El **VIENTO** fluye en una dirección que va **del lugar de mayor presión atmosférica al de menor presión**. En la dirección de los vientos interviene el movimiento de rotación de la Tierra (fuerza de Coriolis), y la velocidad de éstos se modifica por su rozamiento con la superficie de los continentes y los océanos.

Otro tipo de intercambio de energía entre la atmósfera y el océano es la presión (rozamiento o estrés) que ejercen los vientos sobre la superficie del agua y que podemos interpretar como el arrastre que hace el viento sobre la superficie marina. Tiene dos componentes: vertical y horizontal. Ambas juegan un papel importante y su resultado principal son las **OLAS** y las **CORRIENTES MARINAS**. La energía mecánica que resulta de estas presiones puede levantar enormes olas y ocasionar grandes corrientes oceánicas, lo que produce importantes cambios en el clima de las zonas costeras y los continentes.

En conclusión, la interacción océano-atmósfera es fundamental para el entendimiento del clima terrestre y de sus efectos y consecuencias para todos nosotros. Se trata, pues, de un ciclo que es puesto en funcionamiento por el Sol y que ocasiona intercambios y balances de energía a lo largo de todo el globo que determinan la configuración del clima, el mantenimiento de la temperatura terrestre actual, la circulación del aire y la formación de los fenómenos asociados con ella (huracanes, tornados, el Niño, etc).

## **2.8. Relación de las corrientes oceánicas con la circulación de los vientos y el clima y con algunos fenómenos climáticos.**

### **La dinámica hídrica oceánica**

El agua del mar se encuentra en continuo movimiento debido a los vientos, a las diferencias térmicas y de salinidad entre unas zonas y otras, a la atracción del Sol y la Luna, a la morfología de los océanos etc.

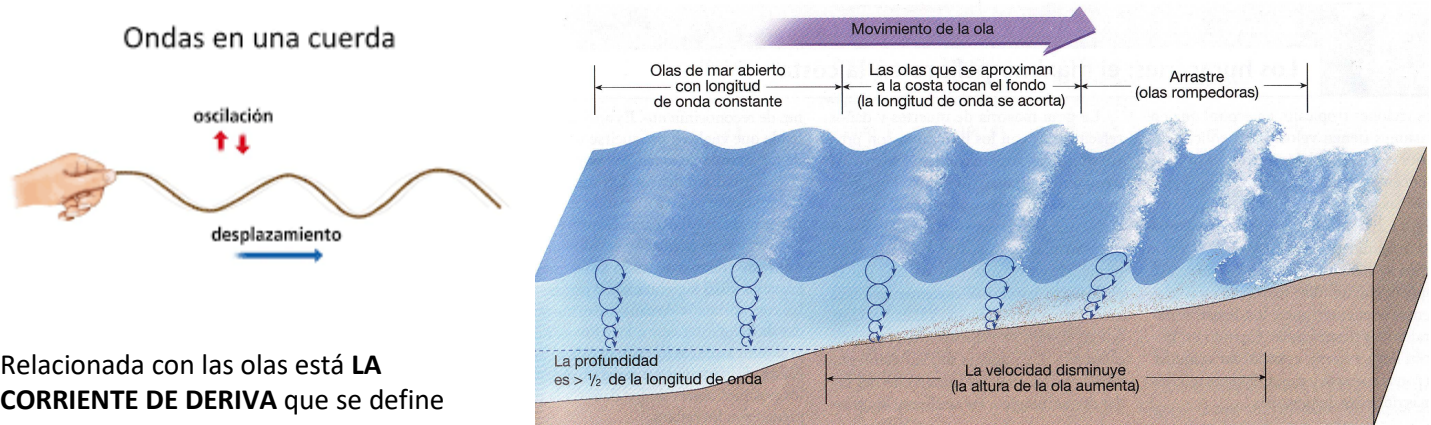
Los movimientos que se originan son: olas, mareas y corrientes marinas.

## 1. Olas

Son movimientos ondulatorios del agua, producidos por el viento, que se originan en la superficie de los océanos y mares y se propagan hasta llegar a las costas.

Las olas se forman porque las partículas de agua, al ser impulsadas por el viento, describen unas órbitas circulares y al llegar cerca de la costa se produce un rozamiento con el fondo, deformando el movimiento circular de las partículas y aumentando la altura de las olas, hasta que la parte superior cae y la ola rompe sobre la costa.

Las ondulaciones de la superficie del agua, se producen debido a las distintas posiciones de las partículas; en su movimiento en el mismo punto, de modo que **la masa de agua no se traslada** (ejemplo= ondulación en cuerda)



Relacionada con las olas está **LA**

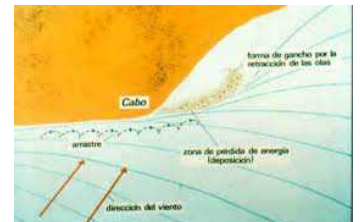
**CORRIENTE DE DERIVA** que se define

como una corriente que circula paralela a

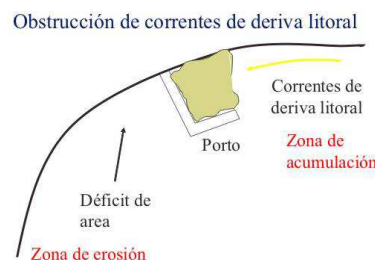
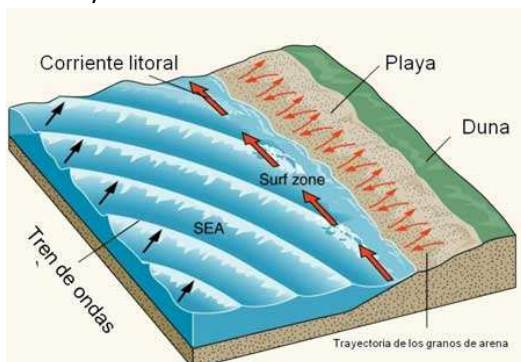
la línea de costa y se genera por la incidencia **normalmente oblicua del oleaje** sobre la costa.

Esta corriente traslada los materiales resultantes de la erosión de los acantilados y los aportados por los ríos, y los sedimenta a lo largo de la costa donde se forman: playas o flechas litorales que pueden provocar el cierre de las bahías y su transformación en albuferas o marismas, tómbolos, etc.

Las intervenciones humanas (construcción de espigones para playas artificiales, puertos deportivos, muelles comerciales y pesqueros) que alteran la circulación de la corriente de deriva dan lugar a cambios drásticos de los procesos de erosión/sedimentación.



**En qué dirección va la corriente de deriva?**



## 2. Mareas

Son movimientos periódicos del agua del océano que consiste en ascensos y descensos del nivel del agua. Son provocados por las fuerzas de atracción que ejercen la Luna y el Sol sobre la Tierra (sobre todo la Luna). Cuando la marea es alta, recibe el nombre de pleamar, y cuando desciende y el agua alcanza el nivel más bajo, se denomina bajamar. Hay un **retraso diario** variable en el régimen de mareas (aprox 50 min). **Comprueba los datos de la siguiente tabla de mareas para la ría de Vigo durante octubre del 2029.**

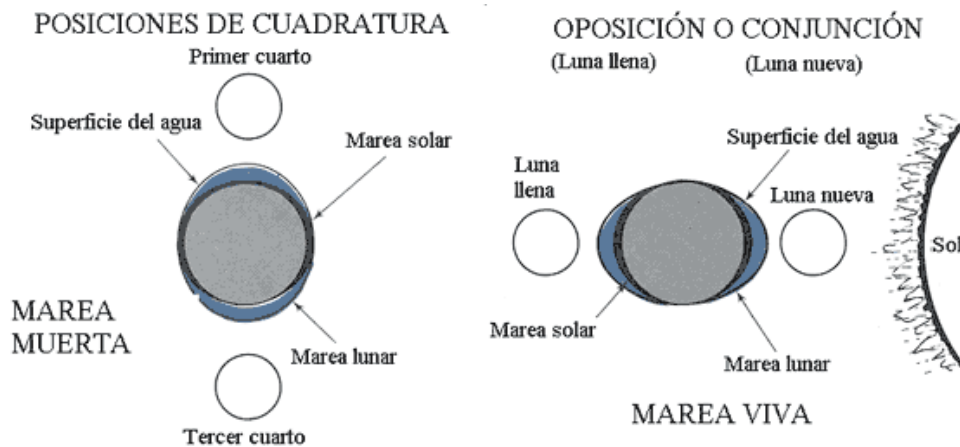
El agua de la Tierra es atraída hacia la Luna por el lado más próximo a ella y alejada de ella por el lado opuesto. En algunas costas, como resultado de su configuración, pueden producirse desplazamientos horizontales de agua denominados **corrientes de marea** que pueden llegar a ser muy importantes.

Según la posición del Sol y de la Luna se distinguen dos tipos:

2:12 h ▲ 0,7 m	8:09 h ▼ -0,8 m	14:22 h ▲ 1,0 m	20:41 h ▼ -1,0 m
2:55 h ▲ 0,9 m	8:51 h ▼ -0,9 m	15:04 h ▲ 1,2 m	21:17 h ▼ -1,1 m
3:29 h ▲ 1,1 m	9:27 h ▼ -1,1 m	15:38 h ▲ 1,3 m	21:49 h ▼ -1,3 m
4:00 h ▲ 1,2 m	9:59 h ▼ -1,2 m	16:10 h ▲ 1,4 m	22:18 h ▼ -1,4 m
4:28 h ▲ 1,3 m	10:30 h ▼ -1,3 m	16:40 h ▲ 1,5 m	22:47 h ▼ -1,4 m
4:56 h ▲ 1,4 m	10:59 h ▼ -1,4 m	17:09 h ▲ 1,5 m	23:15 h ▼ -1,4 m
5:25 h ▲ 1,5 m	11:29 h ▼ -1,4 m	17:39 h ▲ 1,5 m	23:44 h ▼ -1,4 m



- **Mareas vivas:** Cuando la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra y las fuerzas gravitatorias de la Luna y el Sol se suman, se dan los mayores cambios en el nivel del mar. Se producen cada vez que hay luna llena o nueva.
  - **Mareas muertas:** Se produce cada dos semanas, cuando la Luna está en cuarto creciente o cuarto menguante.
- Las mareas son perceptibles en las costas donde se observa los cambios de nivel del mar. La amplitud que alcanzan es mayor en las costas de los océanos abiertos que en los mares cerrados, así mientras que en el océano Atlántico oscilan entre 3 y 16 m, en el mar Mediterráneo es de unos 30 cm.



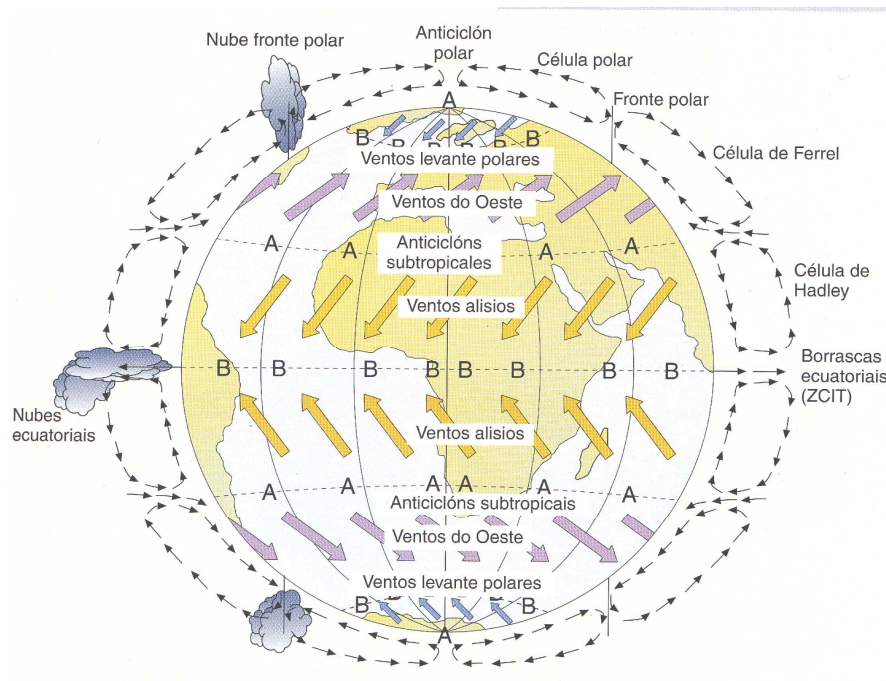
### 3. Corrientes marinas

Son cursos de agua que se desplazan por el interior de los océanos. Su desplazamiento es debido a las causas siguientes: el movimiento de **rotación** de la tierra, los **vientos**, y la diferencia de **densidad** provocada por las distintas temperaturas y la salinidad del agua.

Pueden ser **superficiales y profundas**.

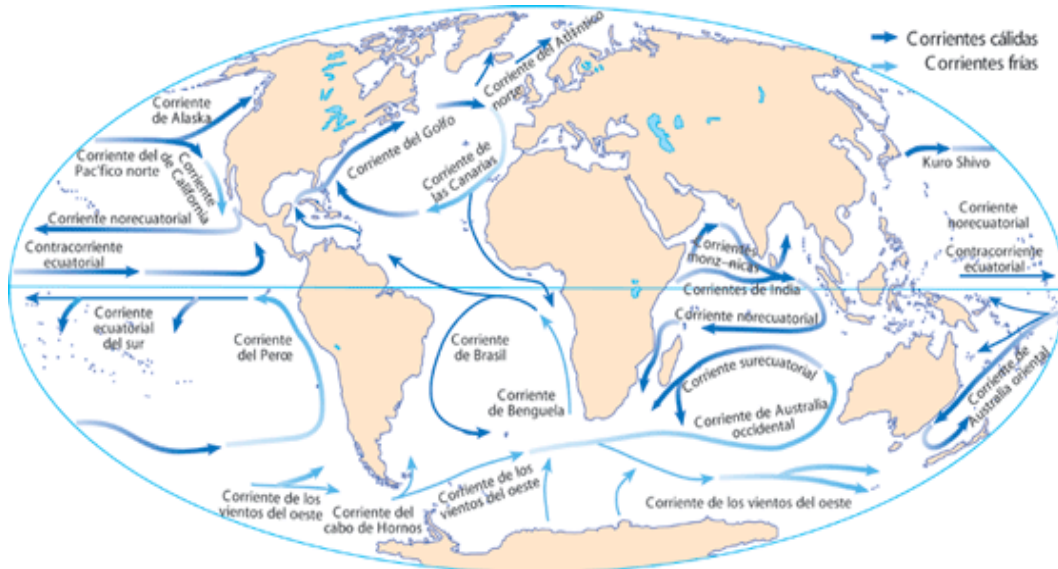
**a. Corrientes superficiales.** Se deben a los **vientos dominantes superficiales** que transfieren su energía al agua por rozamiento. Estos vientos dominantes son:

- alisios (soplan de este a oeste entre los 0° y 30° N y S)
- vientos polares del este (de este a oeste entre los 50 y 60°)
- vientos del oeste (soplan de oeste a este en las latitudes



En la trayectoria de estas corrientes influye la fuerza de Coriolis así como la presencia de las masas continentales que las rompen o dificultan su movimiento. Esto último hace que entre los 25 y 30 ° de latitud, las trayectorias más significativas sean circulares en ambos hemisferios. Las principales corrientes superficiales son:

- **Corrientes Ecuatoriales del Norte y del Sur:** dirigidas hacia el oeste, provocadas por los **vientos alisios**.
- Estas corrientes ecuatoriales están separadas por una contracorriente ecuatorial.
- En las costas occidentales de los océanos, las corrientes ecuatoriales giran hacia el polo correspondiente y forman **corrientes cálidas** paralelas a las costas de los continentes como la **Corriente del Golfo**, que hace que en Europa del norte el clima sea mucho más suave que en Alaska, estando ambas situadas a la misma latitud, la **Corriente de Kuro Shivo**, que sigue las costas de Japón o la **corriente de Brasil**.



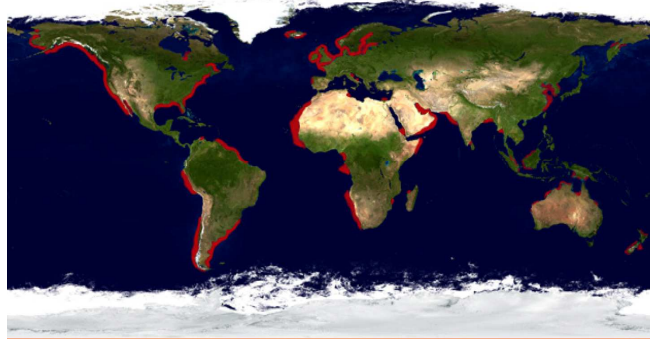
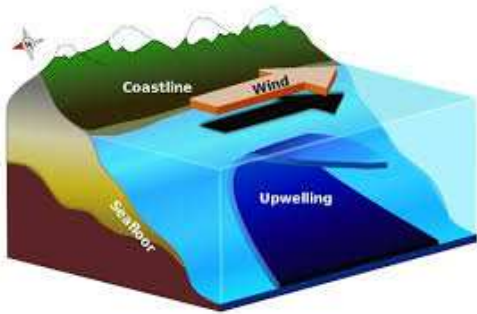
- **Corrientes de los Vientos del Oeste:** producen un lento movimiento del agua llamado deriva del viento del oeste, mucho más extensa en el hemisferio sur, porque el océano es mucho mayor y no queda interrumpida por masas continentales, como pasa en el hemisferio norte. Cuando se aproximan a las costas orientales del océano, estas corrientes se desvían, tanto hacia el norte como hacia el sur, a lo largo de la costa, dando lugar a **corrientes frías**, como la **Corriente del Perú (o de Humboldt)**, la **Corriente de Benguela** frente a la costa suroccidental de África, que se desvían hacia el norte y **las corrientes de California y de Canarias** que se desvían hacia el sur. Todas ellas son de agua fría y suavizan las temperaturas calurosas de estas costas.

#### Efectos de las corrientes superficiales.

- Las corrientes oceánicas tienen un papel **moderador de las temperaturas**, ya que las corrientes cálidas suavizan el rigor de los climas árticos y las corrientes frías enfrían las costas de las zonas desérticas de los trópicos.
- Además, las corrientes superficiales **transportan pequeños organismos** que viven suspendidos en la capa superior del océano.
- El tercer efecto de las corrientes superficiales es el denominado **AFLORAMIENTO OCEÁNICO (UPWELLING)**, importantísimo desde el punto de vista biológico y económico. Se puede definir el **afloramiento oceánico** como un tipo de corriente o circulación vertical que consiste en un ascenso de agua profunda hacia la superficie oceánica, provocado por la acción de vientos constantes (como los alisios). En estas zonas hay gran dinamismo del agua: el agua que se mueve en superficie es sustituida por agua profunda fría, lo que dará lugar a una buena mezcla en la vertical. En estas zonas el agua que aflora está fría y es rica en nutrientes (las aguas superficiales son muy pobres en nutrientes). En la superficie se forma, gracias a la energía solar, gran cantidad de fitoplancton capaz de mantener a una comunidad animal muy numerosa.

Destacan **cuatro zonas de afloramiento intertropical** ligadas a los alisios, en la cara oriental de los océanos Atlántico y Pacífico: Perú (la más importante), California, costas del Sahara y costas de Namibia (estos dos últimos en África). Por este motivo en estas zonas se encuentran las áreas de pesca o caladeros más importantes del mundo, *como son el de Perú, el de Namibia, Sahara occidental, California, etc.*

A otro nivel, se producen también afloramientos en las **costas gallegas** debido a los vientos de componente norte que sacan las aguas superficiales de las rías bajas siendo sustituidas por aguas frías y ricas en nutrientes.

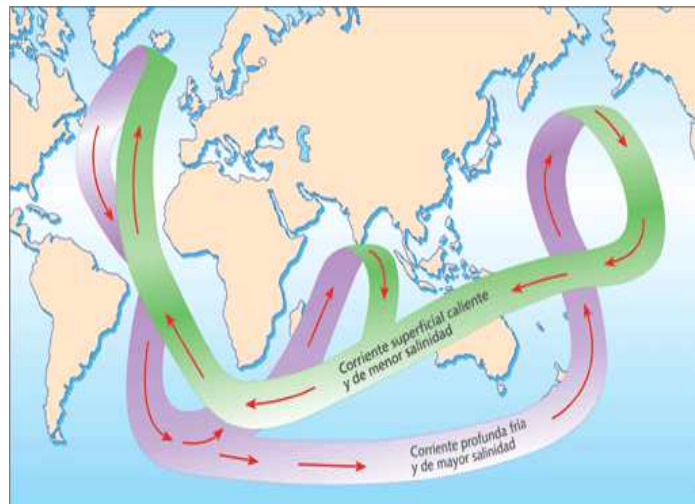


**b. Corrientes Profundas.** Se forman por las **diferencias en la densidad** del agua debidas a cambios en la **temperatura** y la salinidad por eso se denominan **corrientes TERMOHALINAS**. El agua fría y densa de los mares polares desciende hacia los fondos oceánicos dirigiéndose hacia el Ecuador y desplazando hacia la superficie las aguas más cálidas. En su descenso, el agua fría arrastra una parte importante del CO<sub>2</sub> atmosférico en disolución, contribuyendo así a la disminución del efecto invernadero.

#### 4. Dinámica global: La cinta transportadora oceánica

Todos los mares y océanos del planeta están comunicados y, en conjunto, se podría hablar de un único océano. Esta concepción global dio lugar al modelo de **CINTA TRANSPORTADORA OCEÁNICA**. En ella se van alternando corrientes superficiales y profundas. El recorrido sería el siguiente:

- Se inicia en las aguas de Groenlandia donde el agua se hunde por ser fría y salada (más densa).
- Recorre el fondo del Atlántico de norte a sur.
- Parte de ella asciende en el océano Antártico y retorna al origen.
- Otra parte continúa hacia el Índico donde se bifurca.
- Parte asciende en el Índico y otra parte llega hasta el Pacífico donde asciende y se calienta.
- Posteriormente, realiza el trayecto inverso por la superficie.



Una vuelta completa de circulación global tiene una duración de varios cientos de años.

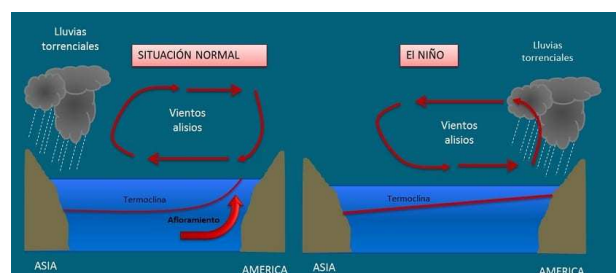
Esta circulación global compensa el desequilibrio salino y térmico entre el Atlántico y el Pacífico (más cálido y salado). Regula la cantidad de CO<sub>2</sub> atmosférico, debido a que el agua fría arrastra este gas al hundirse y liberándose mil años después en los afloramientos.

**AULA VIRTUAL= ACTIVIDADES SOBRE LA ANIMACIÓN TEDEX ¿CÓMO SE FORMAN LAS CORRIENTES MARINAS?**

#### EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR, ENOS (EL NIÑO Y LA NIÑA)

**Termoclina:** línea que separa dos masas de agua de diferente Tª.

Es un patrón climático que consiste en la oscilación de los parámetros meteorológicos del Pacífico ecuatorial cada cierto número de años. Presenta dos fases opuestas, una fase de **calentamiento y lluvias (EL NIÑO)** y la otra **fase de enfriamiento llamada LA NIÑA**.





## Situación normal

En la costa de Perú los **vientos alisios son fuertes y empujan hacia el oeste el agua superficial de Pacífico**, permitiendo el afloramiento del agua profunda fría y rica en nutrientes en las costas de Perú y Ecuador. Así hay aguas frías en la costa sudamericana y calientes en Australia e Indonesia, hay pocas precipitaciones en la costa sudamericana, debido a un viento frío y seco procedente del continente y abundantes lluvias en la costa australiana y en Indonesia debido a que el aire, en su desplazamiento hacia la parte occidental del Pacífico, se va calentando y cargando de humedad y al llegar a la costa sufre un rápido ascenso convectivo con la consiguiente formación de nubes y precipitaciones.

- **EL NIÑO** ocurre cada 3-5 años y dura unos 18 meses alcanzando su máximo en Navidad. Es debido a que **los alisios amainan y no arrastran el agua superficial de la costa Pacífica Sudamericana hacia Oceanía lo que impide el afloramiento de las aguas profundas y frías y no hay aportes de nutrientes disminuyendo la riqueza pesquera**. La mayor temperatura del agua y del aire en la costa sudamericana provoca un **incremento de la evaporación, esto da lugar a lluvias abundantes y, en ocasiones, a grandes crecidas e inundaciones**. Por otra parte, en la costa indoaustrialiana, al no llegar las nubes cargadas de humedad, se producen grandes sequías.

Las causas del Niño se desconocen. Sus efectos se dejan sentir en todo el planeta.

En la siguiente tabla se resumen las consecuencias de un episodio de El Niño frente a las condiciones normales.

	Zona sudamericana		Zona indoaustrialiana	
	Condiciones normales	El Niño	Condiciones normales	El Niño
vientos	Alisios fuertes	Alisios débiles	Alisios fuertes	Alisios débiles
Presión atmosférica	Alta	Baja	baja	Alta
lluvias	Sequía	abundantes	abundantes	Sequía
Nivel del mar	Bajo	aumenta	alto	Disminuye
afloramiento	Sí	No	no	No
Circulación oceánica	Corriente del Perú fuerte	Corriente de Perú débil	Corriente de Australia oriental fuerte	Corriente de Australia oriental débil

- **La NIÑA:** condiciones atmosféricas y oceánicas opuestas a las de los eventos de El Niño; es decir, las **temperaturas de la costa pacífica sudamericana muy frías debido a unos vientos alisios muy intensos y constantes que provocan un intenso afloramiento; en la costa australiana se producen abundantes precipitaciones mientras que en la costa sudamericana se produce sequía**. Para denominar a estos años, opuestos a El Niño, se adoptó el término de La Niña.

## Bloque 4. Contaminación de las aguas

B.4.1. El agua como recurso. Usos del agua.

B.4.2. Origen y efectos de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

B.4.3. Parámetros de medida de la calidad del agua. . (Actividad de investigación)

B.4.4. Prevención y corrección de la contaminación del agua.

B.4.5. Sistemas de tratamiento y depuración de las aguas. (Actividad de investigación)

### 1. El agua como recurso

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

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

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

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

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

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

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

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

Existen dos tipos de usos del agua:

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

1. Usos consuntivos del agua:

**a) Consumo doméstico o urbano.** Son los que cubren las necesidades de agua en el hogar, comercio y servicios públicos (colegios, hospitales, jardines). Representa el 10% del agua utilizada. La demanda está relacionada con el nivel de vida, el desarrollo económico y el tamaño de la población. Supone menos de la décima parte del consumo de agua mundial. Las necesidades mínimas son de 15L/día, para una buena calidad de vida se calculan 80L/día. Los países desarrollados gastan entre 200 y 300 L/día.

Un conjunto de infraestructuras facilitan la **disponibilidad** del agua a toda la población y garantizan su calidad. Así, el agua es captada de los ríos, lagos y pantanos, y se conduce a una planta potabilizadora, donde se limpia y desinfecta con el fin de hacerla apta para el consumo humano. De este modo se eliminan todos los gérmenes patógenos como bacterias o virus que transmiten enfermedades (tifus).

El agua potable se almacena en grandes depósitos y se distribuyen a la población mediante una red de tuberías. Una vez que llega a su destino, se utiliza, y después de su uso se vierte al desagüe.

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

#### **Reducción del consumo urbano-doméstico**

- Instalaciones y electrodomésticos de bajo consumo de agua.
- Reutilización del agua doméstica residual, previa depuración, para la limpieza de calles y riego de parques y jardines.
- Utilización en parques y jardines de plantas y arbustos autóctonos

#### **b) Consumo de agua en la agricultura y la ganadería**

Representa el 70% del agua utilizada. En la **agricultura** se utiliza el agua para el riego a través de diversas técnicas:

Los **canales y acequias**: Son sistemas de riego tradicionales que desvían el agua de los cursos fluviales para transportarla a los campos de cultivo. Esta técnica recibe el nombre de **riego por inundación**. Este tipo de riego supone un consumo de agua muy grande, ya que parte de ella se pierde por evaporación o por infiltración en el suelo.

Más actuales son el **riego por aspersión** y el **riego por goteo** que son más usados ya que permiten ahorrar agua. El riego por **aspersión** tampoco es muy eficaz, ya que si la atmósfera es cálida y seca absorbe gran cantidad de agua de riego antes de que llegue al suelo. El **riego por goteo** constituye el sistema más avanzado de riego, en el que el agua se reparte mediante una red de conductos con poros, semienterrados y en contacto con las raíces de las plantas. El agua se aplica en dosis pequeñas y frecuentes, suministrando a la planta la cantidad de agua que necesita.

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

#### **Reducción del consumo agrícola**

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



### c) Consumo de agua en la industria y la minería

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

Se distinguen dos formas de utilizar el agua

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

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

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

### Reducción del consumo industrial

- Reciclado del agua que se emplee en refrigeración mediante circuitos cerrados.
- Evitar la contaminación del agua que impida su uso posterior.
- Empleo de tecnología que reduzca el consumo de agua.
- Incentivación económica a las empresas que reduzcan su consumo.
- Pago de cánones por vertido.

### 2. Usos no consuntivos

a) **Usos energéticos.** El agua se utiliza para la obtención de energía eléctrica: hidroeléctrica, mareomotriz y undimotriz.

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

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

### 2. Origen y efectos de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

La **contaminación del agua** (contaminación hídrica) es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas del agua que suponen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o a su función ecológica.

#### Tipos de contaminación hídrica según su origen.

La contaminación del agua puede tener un origen **natural o antrópico**.

La **contaminación de origen natural** es causada por la presencia de sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana: partículas sólidas y gases atmosféricos arrastrados por las gotas de lluvia y las aguas de deshielo; polen, esporas, hojas secas y otros residuos vegetales, excrementos de peces y aves acuáticas.

Esta contaminación normalmente es eliminada por la capacidad autodepuradora del agua o depuración natural.

**La contaminación de origen antrópico** es causada por las actividades humanas. Puede ser:

1. De origen urbano o doméstico: debida al vertido de aguas residuales urbanas procedentes de viviendas, comercios y servicios, ricas en residuos fecales, restos de alimentos, y productos químicos (lejías, detergentes).
2. De origen industrial: produce gran impacto, por la gran variedad de materiales y fuentes de energía que puede aportar al agua: materia orgánica, metales pesados, PCB, incremento de pH y temperatura, radiactividad, aceites. Entre las industrias más contaminantes se encuentran las petroquímicas, energéticas, papeleras, siderúrgicas.
3. De origen agrícola o ganadero: deriva del uso de pesticidas o biocidas, abonos, que son arrastrados por el agua de riego, llevando consigo sales compuestas de nitrógeno, fósforo, azufre, que pueden llegar al suelo por lixiviación y contaminar las aguas subterráneas.

En explotaciones ganaderas, la contaminación procede de los restos orgánicos que caen al suelo y de vertidos con aguas cargadas de materia orgánica, que asimismo pueden contaminar las aguas subterráneas. Las industrias agroalimentarias también introducen en el agua una elevada carga de materia orgánica.

Otras fuentes antropogénicas son:

- Vertederos de residuos urbanos, industriales y agrarios. Si la impermeabilización del vertedero no es total, los lixiviados pueden afectar a las aguas tanto superficiales como subterráneas.
- Infraestructura y empleo del coche: combustible, lubricantes, anticongelantes, asfaltos.
- Fugas en conducciones y depósitos: oleoductos, superpetroleros.
- Vertido de petróleo crudo en el mar como consecuencia de accidentes de los grandes barcos petroleros (mareas negras) o como resultado de su limpieza.

#### Tipos de contaminación hídrica según su localización

1. Contaminación **puntual**: afecta a una zona concreta y está producida por un foco emisor determinado (vertidos industriales, desagües de saneamiento municipal, descargas de plantas de tratamiento de aguas residuales).
2. Contaminación **difusa**: aparece en zonas amplias y no tiene un foco emisor concreto. Es difícil de delimitar geográficamente (vertidos agrícolas, mineros, de construcción, la escorrentía urbana).

#### TIPOS DE CONTAMINANTES HÍDRICOS

CONTAMINANTES DEL AGUA			
CLASE	TIPO	ORIGEN	EFFECTOS
CONTAMINANTES FÍSICOS	<b>TEMPERATURA</b> (aumento o disminución)	Actividades de refrigeración (centrales nucleares) Centrales hidroeléctricas (el agua de las turbinas se vierte más fría al río).	Modificación en la flora y fauna. Desaparición de especies poco tolerantes (salmón y trucha) Interferencia en ciclos biológicos (crecimiento, reproducción) Variación del oxígeno disuelto (disminuye con el aumento de T )
	<b>PARTÍCULAS RADIATIVAS</b>	Centrales nucleares. Residuos radiactivos de centros de investigación, hospitales, armas.	Cáncer. Alteraciones genéticas. Malformaciones congénitas.
	<b>MATERIALES SUSPENSIÓN</b> EN	Aguas residuales domésticas, urbanas, agrícolas, o industriales. Explotaciones mineras. Sedimentos transportados por agentes geológicos externos.	Aumento de turbidez, dificultando la fotosíntesis y la visibilidad y movilidad de los animales. Pueden dañar las branquias. Modificación de las propiedades físicas del agua, olor, sabor y color. Incremento de la actividad bacteriana aeróbica (eutrofización).
CONTAMINANTES QUÍMICOS	<b>INORGÁNICOS:</b> sulfatos, nitratos y nitritos, fosfatos, carbonatos.	Aguas residuales domésticas, urbanas, agrícolas o industriales. Vertidos industriales.	Eutrofización (provocada por las sales minerales, sobre todo fosfatos). Efectos tóxicos por metales pesados y pesticidas, que tienen efectos acumulativos ( <b>bioacumulación</b> ), muy graves en los niveles superiores de las cadenas tróficas.
	<b>METALES PESADOS:</b> Zn, Hg, Cd, Pb.	Intrusión marina	Acidificación o alcalinización. Salinización y endurecimiento del agua.
	<b>PESTICIDAS</b>	Infiltraciones de vertederos. Explotaciones mineras.	Los compuestos de nitrógeno se combinan dando lugar a nitrosaminas que son cancerígenas.
	<b>ORGÁNICOS:</b> glúcidos, proteínas, grasas, fenoles, plaguicidas.	Aguas residuales, domésticas, urbanas, industriales, agrícolas y ganaderas.	Malos olores. Cambios de color del agua. Alteraciones en las cadenas tróficas (plaguicidas)
	<b>GASES:</b> CH <sub>4</sub> , SH <sub>2</sub>	Descomposición de la materia orgánica.	Variación en el olor y el sabor del agua.
CONTAMINANTES BIOLÓGICOS	<b>VIRUS</b>	Aguas residuales domésticas y agrícola-ganaderas.	Hepatitis, poliomielitis.
	<b>BACTERIAS</b>	Aguas residuales domésticas y agrícola-ganaderas.	Tifus, cólera, gastroenteritis, conjuntivitis.
	<b>PROTOZOOS</b>	Aguas residuales domésticas y agrícola-ganaderas.	Disentería por amebas
	<b>PLATELMINTOS</b>	Aguas residuales domésticas y agrícola-ganaderas.	parasitosis intestinales.
	<b>INSECTOS</b>	Aguas estancadas	Vectores de enfermedades (ej. malaria)

## EFFECTOS GENERALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

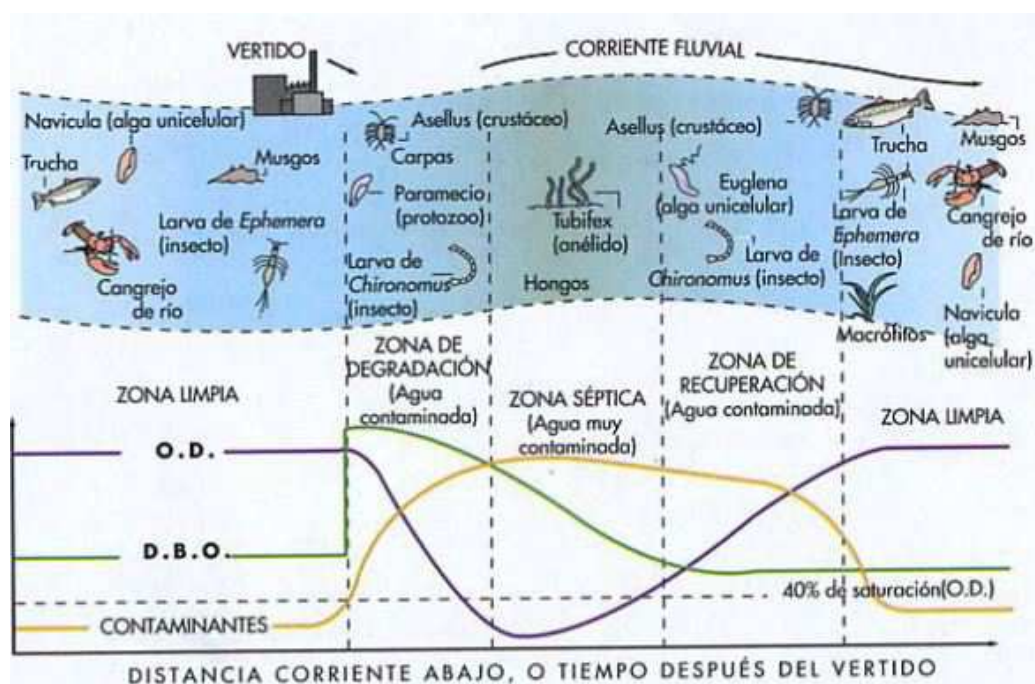
### A. Contaminación de los ríos. AUTODEPURACIÓN.

Aunque los ríos tienen una importante capacidad de autodepuración, no pueden asumir la elevada cantidad de contaminantes que, en ocasiones, por las diferentes actividades humanas, se vierten a los mismos. Las consecuencias de esta contaminación son:

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

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

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



### B. EUTROFIZACIÓN

#### Concepto y descripción

La eutrofización es el aumento de biomasa de productores (fitoplancton y algas macroscópicas) en las aguas como resultado del incremento artificial de los nutrientes (fosfatos, nitratos, materia orgánica) puestos a disposición de los seres vivos.

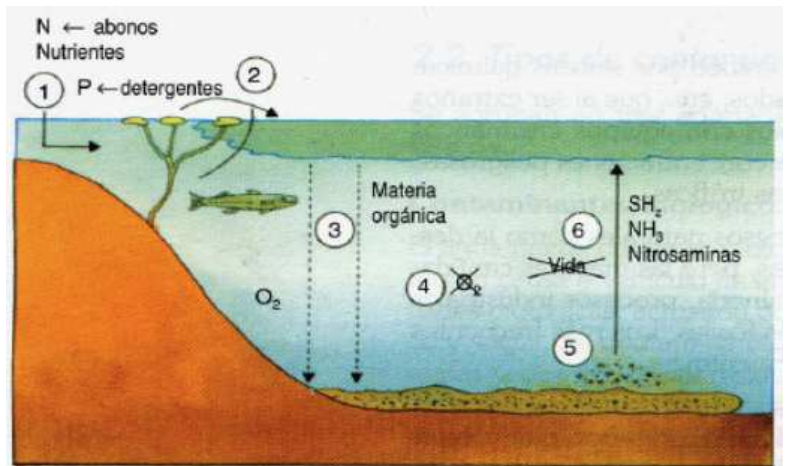
La eutrofización es un proceso bastante complejo que consta de 3 fases:

a. **Gran aporte de nutrientes** (1), sobre todo de fósforo, que es el principal factor limitante, pues el nitrógeno, que también es necesario, puede ser fijado por las cianobacterias.



b. **Proliferación excesiva de organismos fotosintetizadores superficiales** (2) por acumulación de nutrientes. El agua se vuelve verdosa y turbia, dificultándose el paso de la luz. Al morir estos organismos, se produce una gran acumulación de materia orgánica en el fondo (3).

c. **Oxidación de la materia orgánica del fondo agotándose el oxígeno** (4). La acumulación en el fondo del fitoplancton muerto provoca la aparición de bacterias aerobias que consumen grandes cantidades de oxígeno para oxidar la materia orgánica. Al proliferar dichas bacterias hay una disminución de la concentración de oxígeno y se generan condiciones de anaerobiosis que favorecen la aparición de bacterias anaerobias. Éstas fermentan (5) la materia orgánica sobrante y desprenden compuestos químicos desagradables ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{NH}_3$ ) que producen mal olor y otros peligrosos para la salud (las nitrosaminas son un factor de riesgo en el cáncer de estómago). Todo ello empobrece la vida acuática (6).



La eutrofización cambia las condiciones del ecosistema, provocando su degradación y cambios drásticos en la flora y la fauna. Se produce principalmente donde las aguas no apenas se mueven (lagos, embalses, charcas costeras)

#### Causas de la eutrofización

La eutrofización la producen sobre todo los fertilizantes agrícolas (fosfatos, nitratos), los detergentes con fosfato, industrias agropecuarias (purines animales y restos de aceituna) y residuos alimenticios.

#### Consecuencias o efectos producidos en el agua por la eutrofización:

Alteraciones en la flora y fauna acuática, desaparición de seres aerobios, pérdida de las cualidades organolépticas del agua (olor, color, sabor), riesgos para la salud, y restricción o inutilización del uso del agua. Por otra parte, se pierde la calidad recreativa y turística de la zona.

#### Medidas preventivas y correctoras para la eutrofización:

Usar detergentes sin fosfatos, emplear menor cantidad de detergentes, tratar las aguas residuales antes del vertido, no abonar en exceso los cultivos, inyectar oxígeno a las aguas afectadas, utilizar los desechos agrícolas y ganaderos como fertilizantes en vez de verterlos.

El riesgo de eutrofización es mayor cuanto menos dinámicas sean las aguas, y mayor sea el aporte de nutrientes.

### C. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los dos grandes problemas que afectan a las aguas subterráneas son la contaminación propiamente dicha y la sobreexplotación.

El origen de la contaminación de las aguas subterráneas puede ser muy variado: actividades agrícolas y ganaderas, lixiviado de residuos sólidos urbanos, aguas residuales, actividades industriales que contaminan ríos, intrusión salina, actividades mineras.

Los principales mecanismos de llegada de contaminantes a las aguas subterráneas son los de:

a. **Propagación a partir de la superficie.** Incluye el arrastre de contaminantes desde la superficie del terreno a las aguas de infiltración (vertidos sobre el terreno, uso de fertilizantes) y la infiltración de aguas superficiales contaminadas.

b. **Propagación desde la zona no saturada:** son los derivados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y de embalsamiento superficial de aguas de diversa procedencia

c. **Propagación desde la zona saturada:** cuyos casos más típicos son los pozos de inyección y la progresión de la intrusión salina por **sobreexplotación del acuífero**.

Un acuífero está sobreexplotado si se extrae agua del subsuelo a un ritmo superior al de la infiltración o recarga natural. Los acuíferos en condiciones de sobreexplotación, por tener menos agua, estarán expuestos a un mayor grado de contaminación.

Si la sobreexplotación ocurre en acuíferos costeros además de ocasionar un descenso del nivel freático provoca el proceso de “**intrusión salina**” según el cual el agua salada del mar dada su mayor densidad, invade el espacio libre que deja libre el agua extraída y desaloja al agua dulce, produciendo una salinización del agua subterránea



Diferencias entre la contaminación de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas. Las aguas subterráneas

as son más difíciles de proteger, depurar artificialmente y tienen una autodepuración lenta, debido a dos causas: La detección no es inmediata, por lo que la contaminación se pudo producir hace meses o años

La solución es más complicada, debido a que los acuíferos, al tener un flujo mucho más lento y afectar a grandes volúmenes de agua, necesitan mucho más tiempo para renovarse, e incluso el problema se mantiene al quedar las sustancias contaminantes adsorbidas en el acuífero.

Aguas superficiales	Aguas subterráneas
Fáciles de contaminar	Difíciles de contaminar
Fáciles de proteger	Difíciles de proteger
Fácil de detectar	Difícil de detectar
Contaminación visible	Contaminación no visible
Al haber oxígeno mayor autodepuración	Al no haber oxígeno menor autodepuración
Depuración artificial fácil	Depuración artificial difícil y costosa

### D. CONTAMINACIÓN DE AGUAS MARINAS

Los mares y océanos, al disponer de un gran volumen de agua, poseen una capacidad de autodepuración mucho mayor que la de los ríos, lagos y aguas subterráneas. Su contaminación por vía natural es muy pequeña y puede ser eliminada por los propios mecanismos de autodepuración.

Las fuentes de contaminación más frecuentes son:

- Ríos contaminados (aguas residuales urbanas, agrícolas y/o industriales) que desembocan en el mar
- Vertidos incontrolados (sustancias químicas, radiactivas) realizados a través de emisarios submarinos.
- Residuos flotantes y materiales plásticos generados por la navegación turística y deportiva.
- Accidentes de barcos cargados de petróleo (mareas negras) u otros materiales peligrosos.
- Actividades industriales realizadas en los mares, como extracción de petróleo en las plataformas petrolíferas, limpieza de los tanques de los barcos.

Los mayores niveles de contaminación se dan en mares cerrados y con escasa dinámica, como el mar Mediterráneo, cuyas aguas tardan mucho tiempo en renovarse.

Se denomina **marea negra** a la masa oleosa que se crea cuando se produce un derrame de hidrocarburos en el medio marino. Se trata de una de las formas de contaminación más graves, pues no sólo invade el hábitat de numerosas especies marinas, sino que en su dispersión alcanza igualmente costas y playas destruyendo la vida a su paso, o alterándola gravemente, a la vez que se generan grandes costes e inversiones en la limpieza, depuración y regeneración de las zonas afectadas.

Anualmente se calcula que se vierten a los mares más de 600.000 toneladas de petróleo, un 12% de las cuales son originadas en accidentes si bien la mayor parte proviene de vertidos intencionados, sobre todo de la limpieza de los tanques de los petroleros.

Los efectos de las mareas negras dependen del tipo de petróleo (crudo o refinado), cantidad liberada, movilidad del mar receptor y distancia a la costa. Parte de sus componentes (volátiles) se evaporan, el resto se expande en superficie, se emulsiona con el agua o se deposita en el fondo degradándose muy lentamente.

Entre los **efectos más destacados de las mareas negras** están:

1. Impide la fotosíntesis al dificultar el paso de luz indispensable para el desarrollo del fitoplancton, que es la base de las cadenas tróficas marinas
2. Se alteran las actividades pesqueras y turísticas, ocasionando graves consecuencias económicas en la zona afectada.
3. Disminuye el oxígeno del agua, por frenar su oxigenación desde la atmósfera y por consumirse en su propia degradación
4. Daños a los seres vivos (muerte por hundimiento o pérdida de flotabilidad). Además, el petróleo cubre las plumas de las aves marinas, así como la piel y el pelo de los mamíferos. Esta cubierta aceitosa destruye la capacidad aislante que protege a los animales de las bajas temperaturas, provocando la muerte por hipotermia.
5. Se destruyen ecosistemas de gran valor ecológico como arrecifes de coral y manglares.

Para combatir las mareas negras podemos aplicar medidas preventivas y medidas correctoras:

**Medidas preventivas:** elaborar reglamentaciones y leyes, exigir que el transporte de crudo y sustancias peligrosas se realice en buques con doble casco, regular una distancia mínima del petrolero a la costa.

**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.