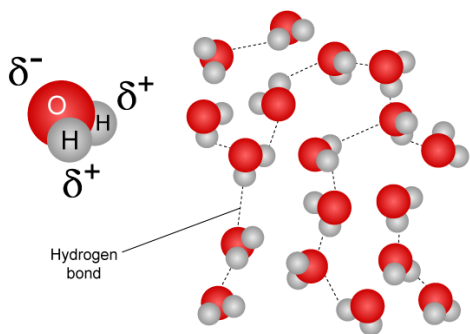


TEMA 12: A HIDROSFERA

1. INTRODUCCIÓN

A hidrosfera é a parte líquida da Terra que ocupa máis do 70 % da superficie terrestre e está constituída principalmente por auga.



(length appears different for perspective (3D))

Dept. Biol. Penn State ©2002

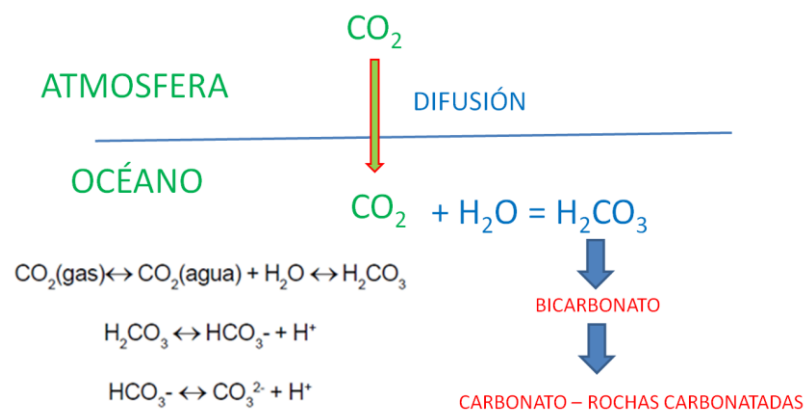
1.1- A AUGA

A molécula de auga, como recordarás de cursos anteriores e de outras asignaturas, é unha molécula polar, anque non cargada, o que lle permite establecer pontes de hidróxeno con outras moléculas de auga veciñas así como con outras moléculas que tamén teñan carga (ións, etc). Esta característica é a responsable da maioría das propiedades físico-químicas da auga: líquida nun amplo rango de temperaturas (0º-100º), elevado calor específico e de vaporización, capacidade de disolución, etc.

A auga natural é unha mestura de varios compoñentes:

- Auga pura
- Sólidos en disolución, principalmente ións. A cantidade total de sólidos en disolución se chama TDS que é equivalente á salinidade cando se fala de auga de mar. Según a salinidade se clasifican as augas en tres grupos: auga salgada se é maior de 3 % (3 g de sal en 100 de disolución), auga doce se a salinidade é inferior a 0,5 % e salobre se é intermedia entre as dúas.

- Sólidos en suspensión. Son partículas sólidas de pequeno tamaño e que permanecen na masa de auga sen estar disoltas nela (enturbian a auga). Poden ser de orixe inorgánico (arxilas, óxidos de ferro, etc) ou orgánico (fragmentos de materia orgánica e microorganismos).

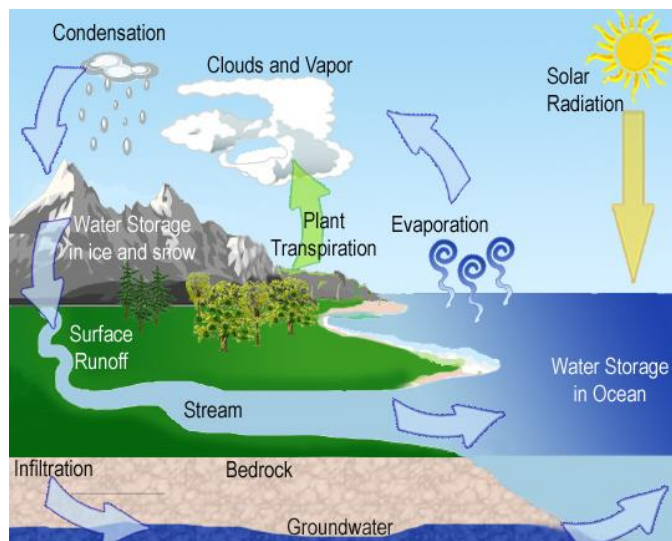


- Gases en disolución.. En pequenas cantidades pero moi importantes para a vida na auga, especialmente o O₂ e o CO₂. Ambos están en equilibrio coa atmosfera e se intercambian constantemente con ela. Especial importancia ten o CO₂ que na auga reacciona con ela según o esquema da figura, xa comentado en temas anteriores, o que fai que o océano sexa un importante almacén deste gas (ten un importante papel no cambio climático)

1.2- O CICLO HIDROLÓXICO

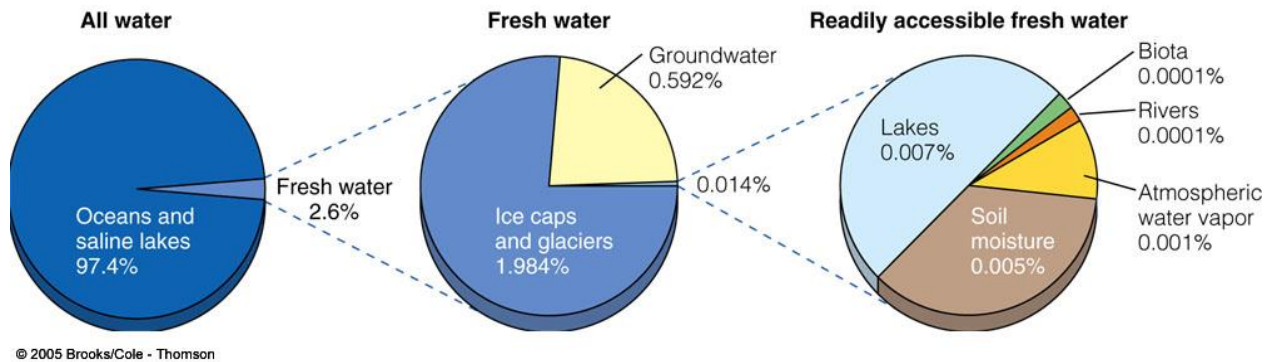
A auga está constantemente circulando debido ao calor do sol e á forza da gravidade. Este continuo movemento se **chama ciclo hidrolóxico** (figura adxunta) e o podemos resumir nos seguintes procesos:

- **EVAPOTRANSPIRACIÓN**, é o paso da auga líquida a gas que se incorpora á atmosfera. Pode ser un proceso físico impulsado pola calor do sol (evaporación) ou mediado por seres vivos, especialmente plantas (transpiración).
- **CONDENSACIÓN**, ao baixar a temperatura e acadar punto de orballo o vapor de auga pasa a líquido en pequenas gotiñas que forman as nubes.
- **PRECIPITACIÓN**, nas condicións axeitadas as gotiñas anteriores se xuntan ata acadar un tamaño suficiente para caer por gravidade cara a superficie terrestre ben en estado líquido (choiva) sólido cristalino (neve) ou amorfo (saraiba).
- **ESCORRENTÍA SUPERFICIAL**, a parte que cae nos continentes se desliza por gravidade cara o océano pola superficie en forma de ríos e regatos, podendo quedar retida temporalmente en lagos e lagoas.



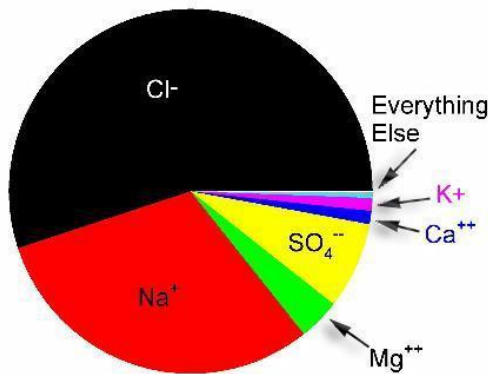
- INFILTRACIÓN E ESCORRENTÍA SUBTERRÁNEA, outra parte da auga caída nos continentes atravesada o solo (infiltración) e regresa ao océano polo subsolo.

A pesar deste movemento contínuo a cantidade de auga nos distintos compartimentos é relativamente constante e a tes representada no diagrama inferior. Como podes ver a maioría está contida nos océanos e a auga doce facilmente accesible para o seu uso pola especie humana é unha porcentaxe moi pequena de ahí a importancia da súa conservación como recurso.



1.3- OS OCÉANOS

1.3.1- A AUGA DOS OCÉANOS

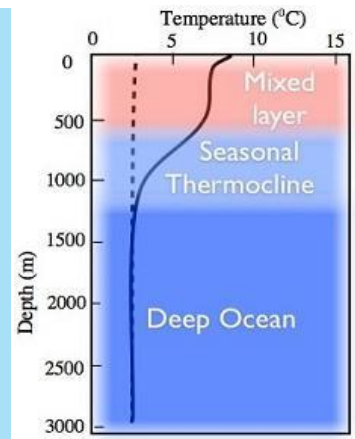
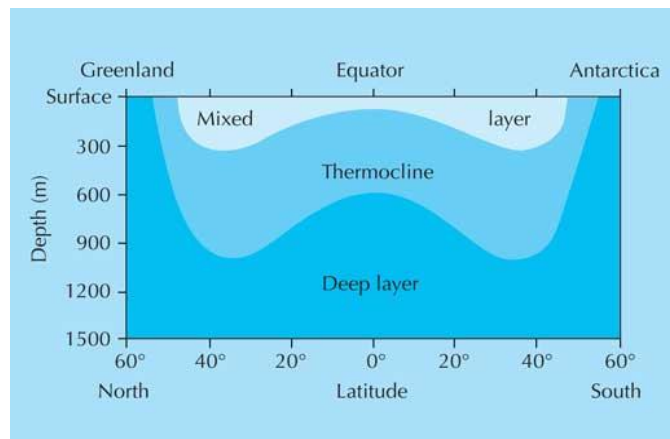


A salinidade media da auga de mar é do 3,5 % o que a sitúa dentro da categoría de auga salgada. Na figura tes a proporción dos distintos ións na auga de mar e como podes ver predominan os cloruros e o sodio.

Polo que respecta á temperatura ésta varía en profundidade según o esquema da figura inferior. Como podes ver hai unha sonda superficial onde a temperatura varía moi pouco ca profundidade e é relativamente cálida debido a que os movementos mariños, ondas especialmente, a están mesturando. A unha determinada profundidade existe unha zona onde se produce un forte descenso da temperatura ca profundidade que remata en augas máis profundas e frías de temperaturas case constantes. A zona de forte descenso da temperatura se chama **termoclina** e a súa profundidade e anchura adoita variar

estacionalmente.

Outra propiedade importante da auga é a súa densidade que á súa vez depende da temperatura e da salinidade. A densidade aumenta co descenso da temperatura e co aumento da salinidade e ten unha grande importancia na circulación oceánica como veremos no capítulo seguinte.



1.3.2- A CIRCULACIÓN OCEÁNICA.

A auga dos océanos non é estática senon que se está a mover continuamente, sendo o principal movemento as **correntes mariñas**. As correntes mariñas son masas de auga que se desprazan polo océano coma se foran ríos dentro do propio océano e estan provocadas polas mesmas causas que a circulación atmosférica: diferente aquecemento por parte do sol, forza de coriolis e distribución dos continentes. Esta última causa é máis importante ca no caso da atmosfera xa que os continentes actúan como barreiras que desvían as correntes.

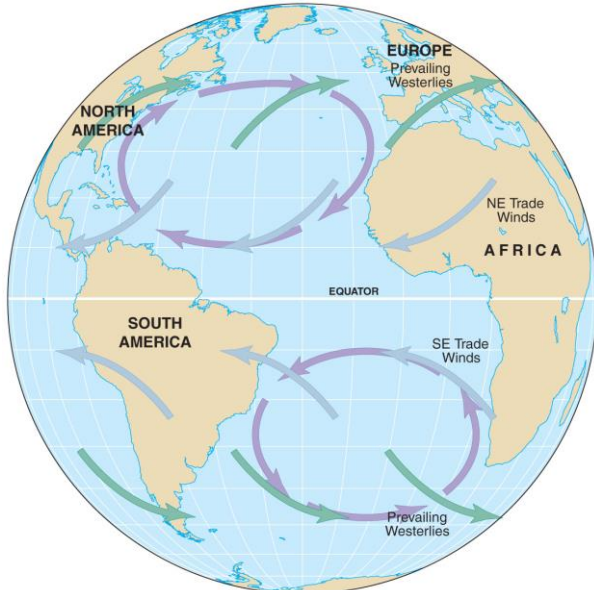
Dentro da circulación oceánica temos que distinguir a superficial e a profunda.

a) Circulación superficial

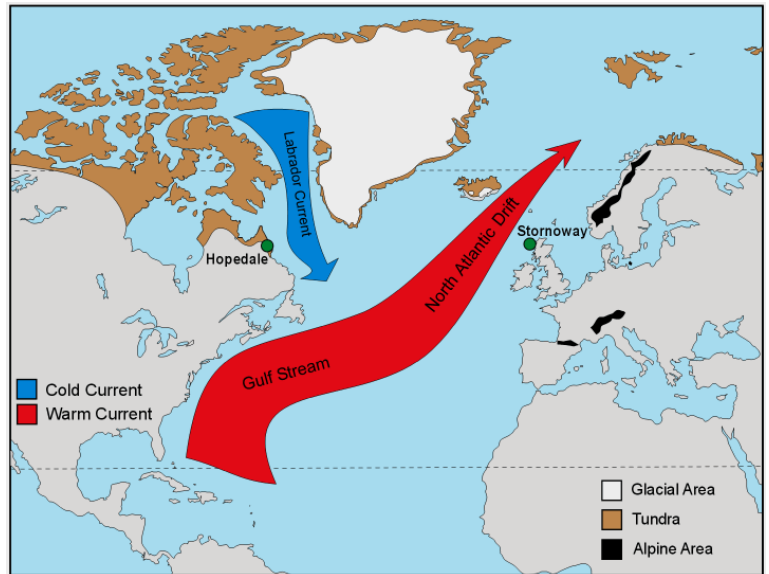
A circulación oceánica superficial está causada principalmente polo vento que despraza a capa de auga na superficie (menos de 100 m de profundidade) provocando o seu movemento. Estas correntes seguen aproximadamente a circulación atmosférica global que estudiamos no tema da atmosfera e como exemplo tes na figura da páxina seguinte á esquerda o movemento aproximado destas correntes no océano Atlántico.

Estas correntes transportan auga de zonas quentes cara zonas máis frías e viceversa tendo unha grande influencia no clima das áreas polas que pasan. Na figura inferior dereita tes dúas importantes correntes do Atlántico norte: Labrador e do Golfo, a

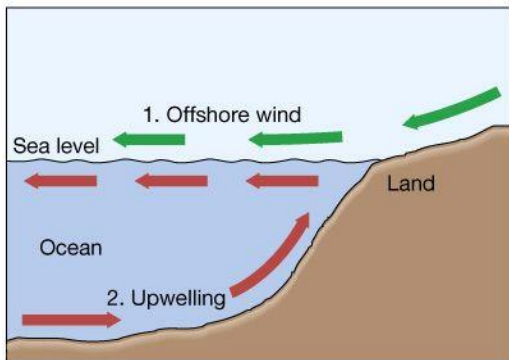
primeira fría e a segunda quente. Estas correntes fan que o clima en Europa sexa máis quente que na mesma latitude en Norteamérica.



Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.



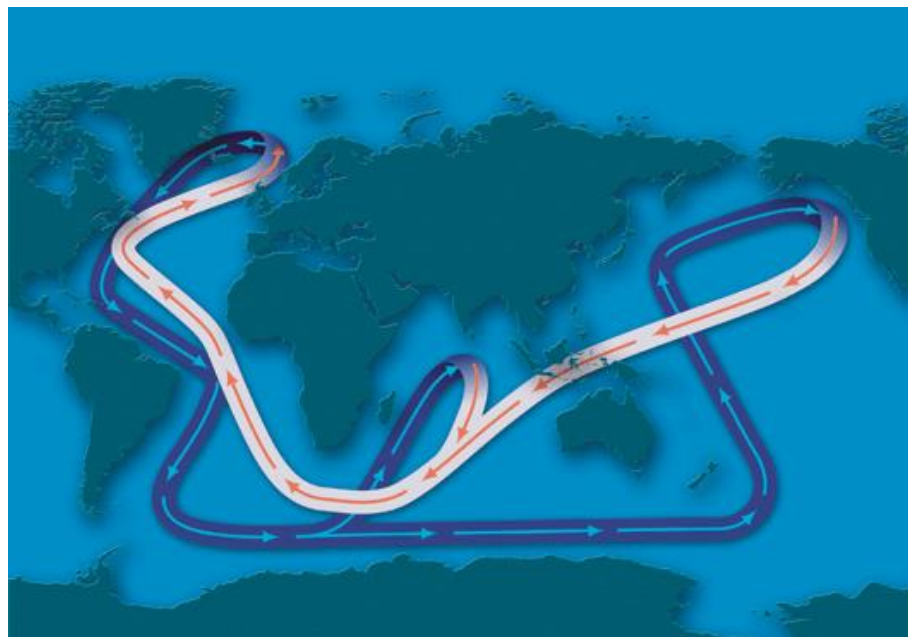
Afloramento oceánico ou upwelling



É un movemento vertical na auga oceánica dende o fondo cara a superficie causado principalmente polo vento en certas circunstancias, por exemplo cerca da costa. Se nunha zona costeira se produce un desprazamento de auga superficial perpendicular a ela se compensa con unha subida dende o fondo. Este proceso ten unha grande influencia en fenómenos climáticos como El Niño ademais de que o ascenso de auga do fondo arrastra os nutrientes inorgánicos xenerados no fondo (recorda que nos ecosistemas mariños os descompoñedores se sitúan principalmente no fondo) cara a zona fótica o que permite un incremento inportante da fotosíntese facendo que nestas zonas a produción primaria sexa máis elevada (ríaas galegas, costas de Sudamérica).

b) Circulación profunda ou termlohalina

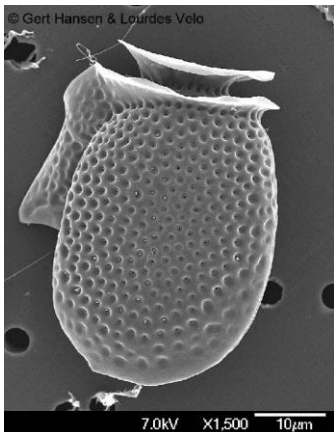
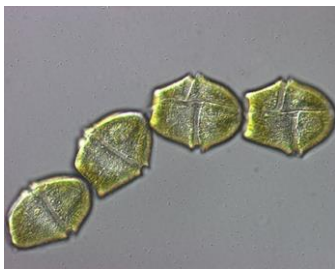
Tamén coñecida como cinta transportadora oceánica é unha circulación a gran escala tanto vertical como horizontal causada polas diferencias de densidade na auga oceánica. Estas diferencias de densidade se deben a diferencias de temperatura (termo) e de salinidade (halina).



se inicia novamente o ciclo.

Na figura da esquerda tes un esquema desta circulación onde a cor escura representa auga fría e profunda e a clara auga quente máis superficial. O proceso se inicia no Atlántico norte onde a auga adquire unha elevada densidade polas baixas temperaturas xunto cun aumento da salinidade debido á conxelación da auga (ao conxelarse a sal se separa do xeo incrementando a súa concentración na auga que queda líquida). A elevada densidade fai que afunda o que arrastra augas máis superficiais creando unha corrente. As augas profundas se desprazan cara o sur entre os continentes e se van quentando ata que afloran a zonas máis superficiais no océano Indico e Pacífico norte. Estas augas máis superficiais regresan novamente cara o Atlántico norte onde

Estas correntes son moito máis lentas cas superficiais (cm/s fronte a m/s destas últimas) e tarda en uns 1000 anos en completarse o ciclo. Com todo teñen unha grande influencia sobre o clima terrestre xa que actúan como transportadores de calor dende zonas cálidas cara zonas frías. Asemade a mestura de augas superficiais máis quentes e ricas en oxíxeno cas profundas, máis frías e ricas en nutrientes fai posible a chegada de osíxeno cara augas máis profundas o que permite a vida animal nestas zonas así como o afloramento de nutrientes inorgánicos cara augas máis superficiais necesarios para a fotosíntese.



c) Blooms algales e mareas vermellas

Unha marea vermella ou **bloom de algas nocivo** é un crecemento rápido de fitoplanto (microalgas) que leva a unha importante acumulación destes organismos e que causa efectos perxudiciais. Estes bloom se producen por unha coincidencia de factores que o propician: temperatura da auga, salinidade, concentración de nutrientes inorgánicos, fotoperiodo, etc. A maioría destes factores teñen unha causa natural, especialmente a circulación oceánica descrita, pero se poden agravar por procesos de contaminación que causan enriquecemento de nutrientes. O efecto nocivo deste fenómeno depende das especies de microalgas presentes o cal a súa vez depende das condicións ambientais concretas que xeneran o bloom. En Galicia aparecen con frecuencia blooms de especies que producen substancias tóxicas para a especie humana (toxinas) e que se acumulan en animais filtradores de interese comercial (mexilón, etc.) polo que durante estes episodios non se poden recoller para o seu consumo. Entre as toxinas máis habituais está a toxina paralizante (PSP) producida por distintas especies de *Gymnodinium* ou a diarreica (DSP) causada por especies do xénero *Dinophysis*. A primeira (figura superior) é tóxica para o sistema nervioso mentras que a segunda o é para o aparello dixestivo.

O término marea vermella ven que algunhas destas especies teñen pigmentos desta cor e cando aparecen en grandes cantidades adoitan dar á auga unha coloración avermellada.

1.4- AS AUGAS LÍQUIDAS CONTINENTAIS

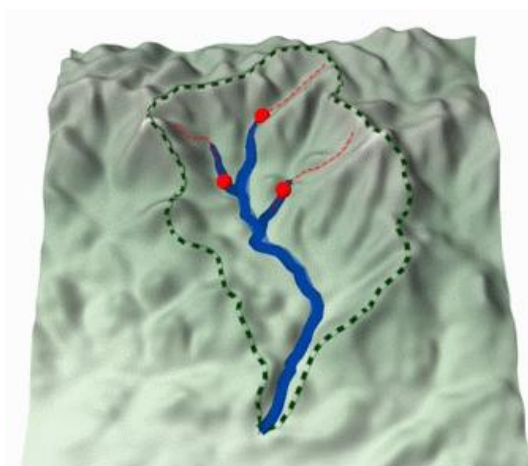
As augas continentais son maioritariamente augas doces, é dicir cun contido máximo de sales en disolución do 0,5 %, con todo a cantidade e tipo destas sales varía notablemente dunhas augas a outras dependendo principalmente do tipo de rochas polo que pasan estas augas. En relación a isto adoitan a clasificarse en dúas categorías.

- Augas duras, ricas en ións de Ca^{+2} e Mg^{+2} . Son augas propias de zonas calizas e adoitan a dar problemas xa que o CaCO_3 precipita en aparellos domésticos e maquinaria industrial causando graves danos.
- Augas brandas, con pouca cantidade dos ións anteriores. Son propias de zonas sen rochas calcareas, como por exemplo na maioría de Galicia.

Ión	Concentración g/m ³	
	Ríos	Mar
Na^+	6	10000
K^+	2	400
Mg^{2+}	4	1300
Ca^{2+}	15	400
Cl^-	8	20000
SO_4^{2-}	11	2700

As augas líquidas continentais as podemos clasificar en superficiais e continentais.

1.4.1- AS AUGAS SUPERFICIAIS.



A maioría da auga de precipitación líquida que cae nos continentes se despraza pola superficie en forma de ríos anque unha parte queda retida temporalmente en lagos ou lagoas.

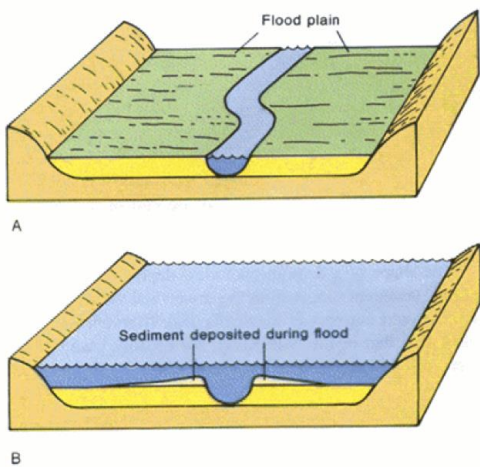
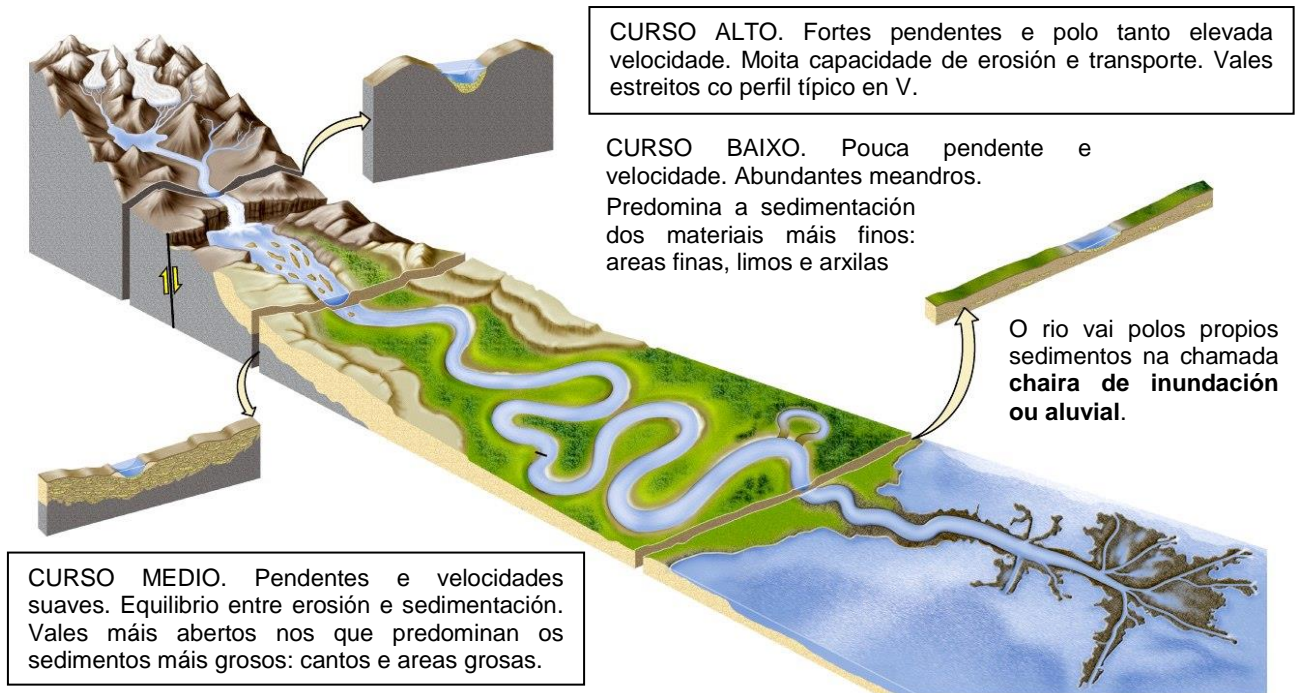
Una zona da superficie terrestre na que a auga de precipitación escorre (ou drena) cara un único río ou lago endorreico (sen saída fluvial) se chama **conca hidrográfica** (figura da esquerda).

a) Os ríos

Os ríos son cursos de auga permanente que deslizan pola superficie terrestre. O volume de auga que circula por unha sección do río nunha unidade de tempo se chama **caudal** e adoita expresarse en m^3/s . Certas actividades humanas como encoros ou captacións de auga fan reducir notablemente o caudal dos ríos polo que se define o término **caudal ecolóxico** como o caudal mínimo que debe ter un río para preservar os valores ecolóxicos da zona pola que pasa. Este caudal ecolóxico debe ser garantido en tódalas actividades que se desenvolvan nos ríos.

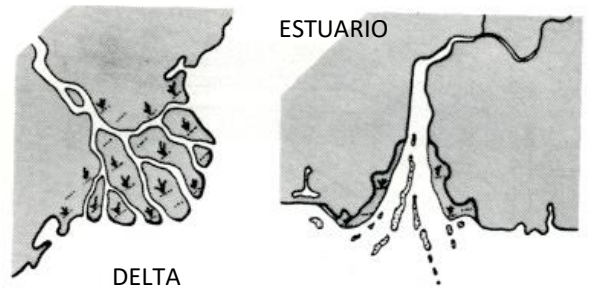
Os ríos son corpos de auga con bastante movemento o que fai que en xeral estean ben oxixenados e o impacto da contaminación neles sexa menor ca nos lagos dada unha maior capacidade de autodepuración e máis facilidade para a dispersión dos contaminantes.

As características dos ríos non son constantes en toda a súa lonxitude e nun río clásico adoitan a diferenciarse tres tramos en función da pendente cuxas características tes resumidas na figura inferior:



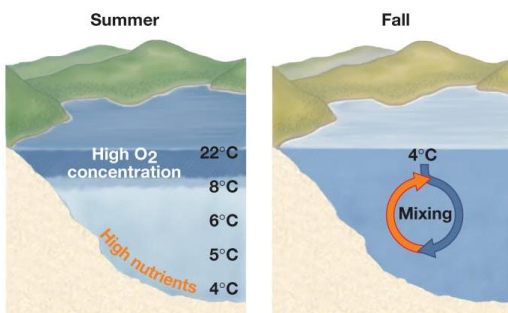
A canle pola que vai a auga se chama **cauce** e a cantidade de auga que leva varia estacionalmente, sendo maior na época de choivas. Cando a auga sae do cauce se produce unha inundación (figura da esquerda) que é o xeito natural na que se aportan os sedimentos á chaira aluvial.

A desembocadura dun río pode ser nun delta ou nun estuario que tes comparados nas figuras da dereita. No primeiro caso os sedimentos se acumulan na desembocadura e o cauce do río se ramifica ao pasar entre eles. No segundo caso o mar ten unha forte



dinámica e elimina os sedimentos da desembocadura penetrando no último tramo do río. Neste caso se produce unha mestura de auga salgada e doce e son frecuentes formacións como as marismas de grande valor ecolóxico.

b) Lagos e lagoas



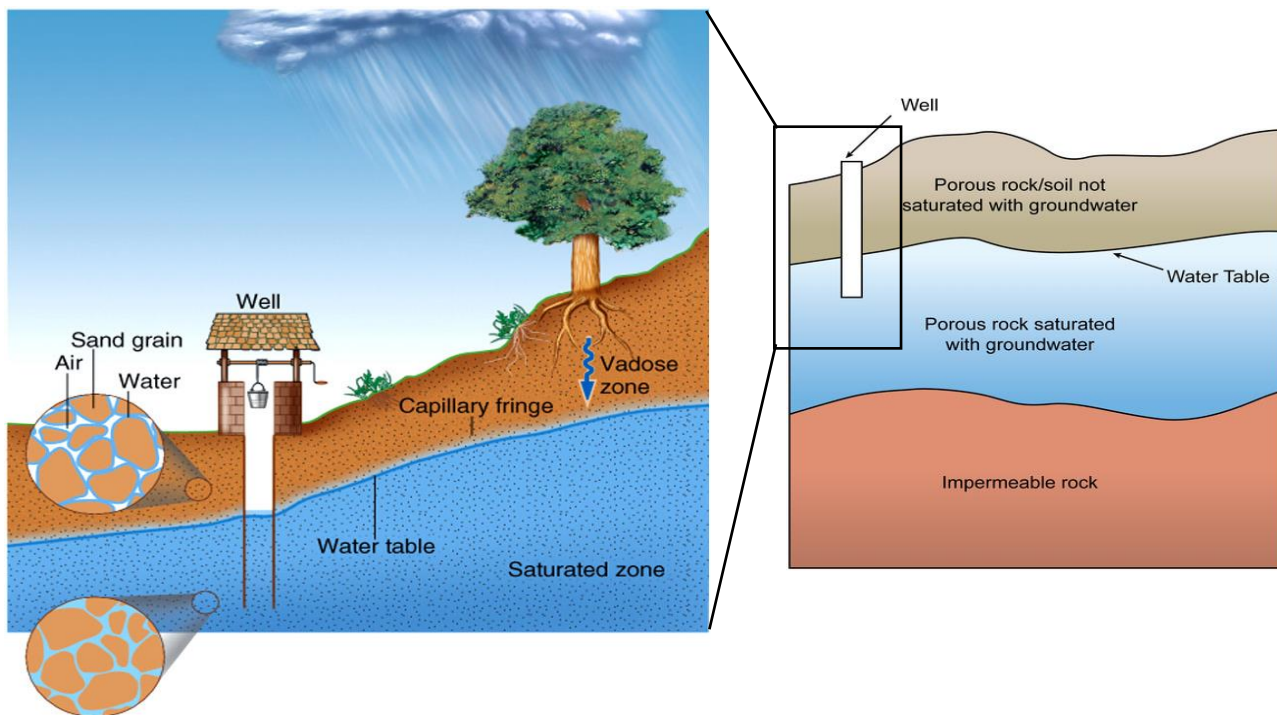
Son corpos de auga con relativamente pouco movemento que ocupan depresións na superficie terrestre. Estas depresións poden ter unha orixe natural (glaciarismo, fosas tectónicas, cráteres de volcáns, diques naturais como frechas areosas, ...) ou artificiais (explotacións mineiras a ceo aberto, encoros,...). A cantidade de auga dun lago resulta do balance entre os aportes (ríos afluentes, auga subterránea, escorrentía) e as perdas (ríos efluentes, evaporación, infiltración) polo que teñen un marcado carácter estacional. Con todo estes corpos de auga son pouco duradeiros no tempo e acaban colmatándose de sedimentos.

En lagos grandes existe unha estratificación vertical ca presenza dunha termoclina similar á descrita no caso do océano, anque nos climas temperados isto acontece principalmente no verán xa que no outono ao baixar as temperaturas a auga sjsuperficial é mais fría e se afunde dada a súa maior densidade (imaxe da esquerda).

A escasa dinámica de lagos e lagoas fan que sexan máis vulnerables á contaminación pola súa pouca capacidade de dispersar os contaminantes e dificultade na autodepuración. En concreto son moi sensibles á contaminación por P e N que xenera o proceso da **eutrofización** do que falaremos máis adiante.

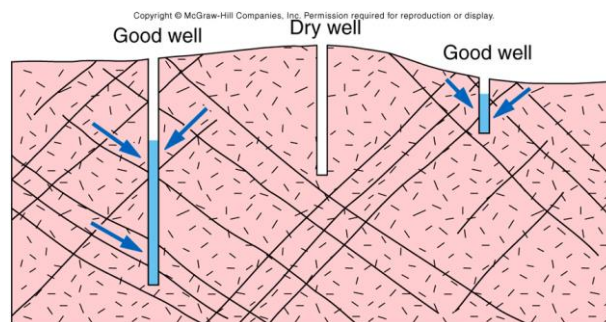
1.4.2- AS AUGAS SUBTERRÁNEAS.

Parte da precipitación caída nos continentes atravesamos o solo a través dos espazos ou poros situados entre as partículas sólidas nun proceso chamado **infiltración**. Se debaixo do solo hay unha rocha ou material permeable (rochas detríticas, sedimentos, etc.) o proceso continúa ata chegar a un material impermeable (granitos, etc.) onde se acumula a auga formando un **acuifero** ou **capa freática** cuxo límite superior se chama **nivel freático**. A auga da capa freática se vai movendo lentamente no que chamamos **escorrentía subterránea**. Cando o nivel freático chega á superficie do terreo a auga subterránea sae ao exterior e continúa por **escorrentía superficial**. Esta saída pode ser puntual (fontes ou mantiais) ou máis difusa formando zonas húmidas ou directamente aos ríos e incluso ao océano.



A capacidade de almacenamento de auga subterránea depende do tipo de rochas da zona xa que so as rochas permeables teñen a porosidade axeitada que permite o seu almacenamento e movemento. En Galicia as rochas predominantes son ígneas e metamórficas con permeabilidade moi baixa, polo que os acuiferos son escasos e a auga subterránea se move principalmente a través da rede de fracturación (figura da dereita).

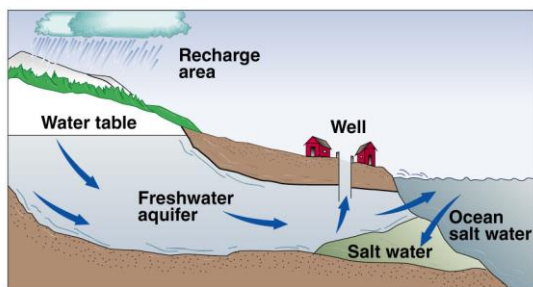
Para unhas determinadas condicións xeolóxicas a auga subterránea almacenada depende do balance entre a **recarga** e a **descarga** do acuifero. A recarga se efectúa de xeito natural pola precipitación anque de xeito artificial se pode facer por trasvasamentos. A



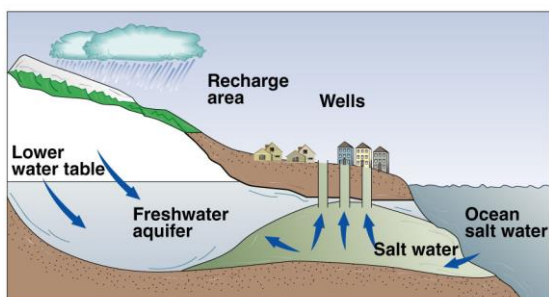
descarga natural é complementada pola artificial a través de pozos. Se a descarga supera a recarga temos unha situación de **sobreexplotación** do acuifero que pode levar ao seu esgotamento.

En principio as augas subterráneas son máis difíciles de contaminar que as superficiais, xa que os contaminantes adoitan xenerarse en superficie, anque unha vez contaminadas a súa autodepuración é máis lenta pola falta de osíxeno e de descompoñedores. A contaminación dos acuiferos se debe a contaminantes líquidos ou materiais arrastrados pola auga de choiva ou rega (lixiviación) que se infiltran e acadan a capa freática.

Un tipo especial de contaminación son as intrusións salinas ou mariñas que afectan a acuiferos próximos ao mar. Nesta situación a menor densidade da auga doce fai que a capa freática non se mesture ca auga mariña pero unha sobreexplotación do acuifero fai que a auga retirada deste sexa reempresada pola auga do mar salinizando os pozos e facendos inútiles para uso doméstico ou agrícola (figuras adxuntas).



(a)

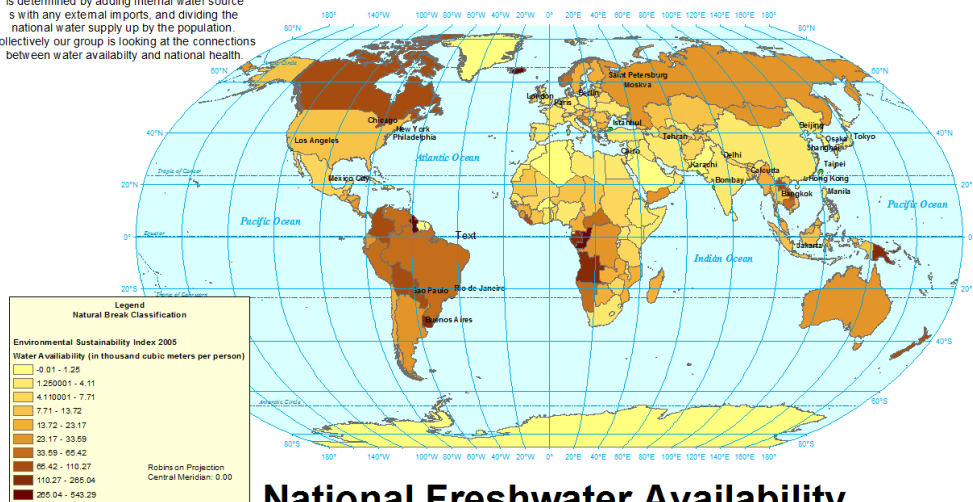


(b)

2. A AUGA COMO RECURSO

Como xa temos comentado recurso é calquera elemento do entorno utilizado pola especie humana na súa actividade, sendo a auga un dos principais. A auga se considera un **recurso renovable e limitado**. Renovale quiere dicir que unha vez utilizado se rexenera en escala temporal humana (días, meses, poucos anos) debido ao ciclo hidrolóxico mentras que o de limitado significa que nun momento dado e nunha zona determinada a cantidade de auga dispoñible é fixa polo que un consumo excesivo pode levar ao seu esgotamento.

This map displays national freshwater availability in thousand cubic meters per person. This metric is determined by adding internal water sources with any external imports, and dividing the national water supply up by the population. Collectively our group is looking at the connections between water availability and national health.



National Freshwater Availability
(In thousand cubic meters per person)

Ian Christie, Kyle Tibbet, Eli Baginski



debido ao ciclo hidrolóxico mentras que o de limitado significa que nun momento dado e nunha zona determinada a cantidade de auga dispoñible é fixa polo que un consumo excesivo pode levar ao seu esgotamento. A cantidade de auga dispoñible depende principalmente do clima polo que varía notablemente dunhas partes a outras do planeta e dentro delas tamén cambia cas

estacións. No mapa adxunto se recollen datos de dispoñibilidade de auga por persoa onde as cores claras indican menor dispoñibilidade de auga.

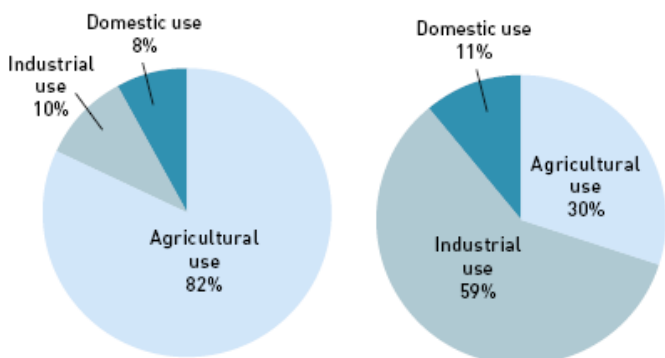
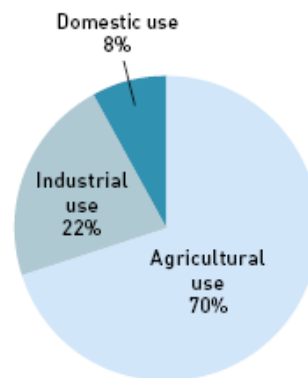
Certas actuacións, das que falaremos máis adiante, poden aumentar esta dispoñibilidade baseadas no aforro de auga e na construción de infraestruturas para o seu almacenamento ou xeración.

2.1 - OS USOS DA AUGA

A auga se utiliza para unha grande variedade de actividades humanas e a maioría desta auga é doce que constitúe unha mínima parte da auga da superficie terrestre. Se a auga utilizada nunha determinada actividade non pode ser utilizada de novo, ven porque se perde ou porque a súa calidade se ve moi alterada se di que é un **uso consuntivo**. Por exemplo a auga da rega que é incorporada aos vexetais ou perdida por evapotranspiración. Pola contra se esa auga pode ser utilizada de novo para a mesma ou outras actividades se di que é un **uso non consuntivo**, por exemplo a utilizada nas centrais hidroeléctricas para a xeración de enerxía que volve novamente ao río cunha boa calidade e se pode utilizar de novo.

A maior parte da auga se utiliza en tres actividades principais: agrícola, industrial e doméstica cuxos porcentaxes a nivel mundial tes representados no gráfico da dereita. Estas porcentaxes son promedios e hai grandes diferenzas duns países a outros dependendo sobre todo do grao de desenvolvemento.

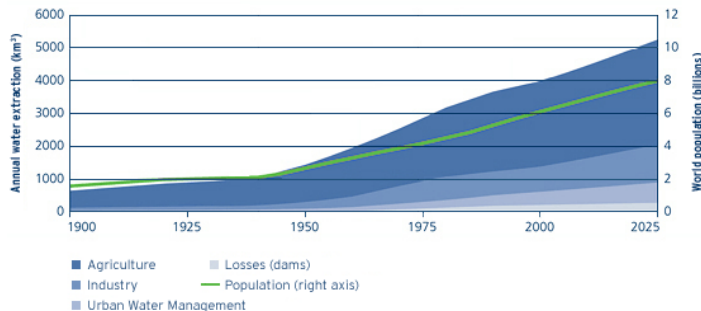
- a) **Uso agrícola**, o principal a nivel mundial onde a auga se utiliza sobre todo para a rega onde máis da metade se perde por evapotranspiración.
- b) **Uso industrial e enerxético**, en segundo lugar polo volume da súa utilización. Se pode empregar como materia prima (industria química, construción), refrixerante, medio de limpeza, xeración de enerxía nas xentrais hidroeléctricas, etc.
- c) **Uso doméstico** é aquél empregado no fogar, comercio ou servizos públicos: cocinar, hixiene persoal, limpeza, etc.
- d) **Outros usos** como poden ser os recreativos, navegación, etc.



EXERCICIO

A imaxe da esquerda contén datos das porcentaxes de uso da auga en países desenvolvidos e pouco desenvolvidos. Indica a cal se corresponde cada gráfico e fai un breve comentario explicando en qué se baseas.

2.2 - A PLANIFICACIÓN HIDROLÓXICA



Como xa comentamos a auga é un recurso limitado polo que se o ritmo ao que se consume supera ao da súa rexeneración se acabará esgotado. A tendencia actual é a de un aumento do consumo (gráfica da esquerda) polo que se deben tomar medidas para garantir o suministro. A **planificación hidrolóxica** son un conxunto de actuacións destinadas a xestionar o recurso da auga garantindo o seu suministro sen alterar a calidade de vida das persoas.

Estas medidas as podemos clasificar en tres grupos: redución do consumo, redución da auga de refugallo,

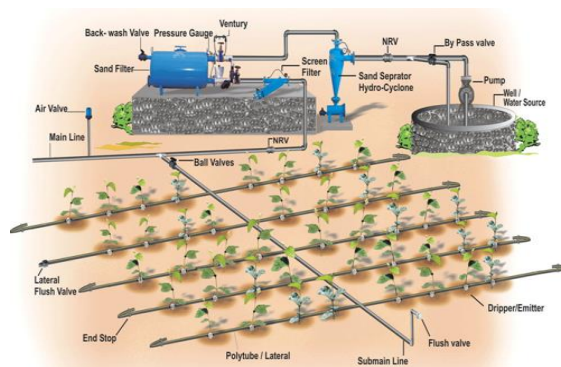
aumento da cantidade de auga para o consumo.

2.2.1- Reducción do consumo

a) Na agricultura

Como recordarás a actividade agrícola é a que máis auga consume e polo tanto onde se debe incidir no aforro. Dúas medidas neste sentido poderían ser:

- Adecuar os cultivos ás condicións climáticas e edáficas das zonas nas que se cultivan. Por exemplo as zonas de climas máis secos adicalas a cultivos de secano (trigo, etc) e as de climas máis húmidos a cultivos de horta e intensivos.
- Utilizar técnicas de rego que aforren auga como os de goteo onde chegan as tuberías directamente a cada planta o que rduce as perdas por transpiración.



b) Na industria

Utilizar tecnoloxías que diminúan o consumo de auga por exemplo moitas industrias utilizan grandes cantidades de auga para a súa refrixeración que se pode reducir se utilizan circuitos pechados que a reutilizan unha e outra vez.

c) Uso doméstico

Anque o uso doméstico é no que se consume menos auga tamén podemos adoptar medidas para reduci-lo:

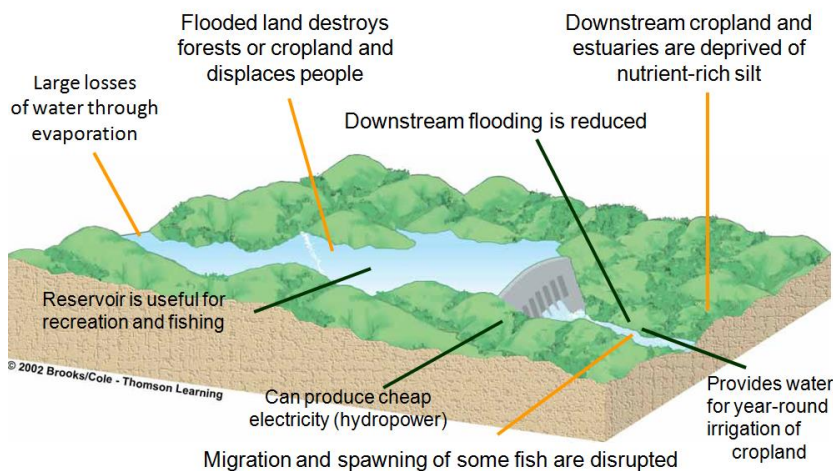
- Instalacións de baixo consumo como electrodomésticos, cisternas de dobre desarga, etc.
- Tarifas da auga que fomenten o aforro
- Utilizar nos xardíns plantas adaptadas ao entorno que non precisen moito rego
- Programas de educación ambiental que ensinen e fomenten medidas de aforro

2.2.2 - Reducción da auga de refugallo

En moitas situacións o uso consuntivo da auga é debido a que auga que queda ao rematar unha actividade sufriu modificacións importantes que impide un novo uso. A solución é a **depuración**, é dicir someter estas augas a un tratamento para reuperar a calidade inicial que poida ser utilizada de novo, para o mesmo ou outros usos. A auga de uso industrial debe ser depurada na mesma industria antes do seu verquido mentras que a de uso domestico son depuradas en instalacións colectivas dependentes dos concellos e nos ocuparemos delas no apartado seguinte.

2.2.3- Aumento da cantidade de auga para o consumo

Existen unha serie de actuacións que permiten aumentar ou cando menos regular a cantidade de auga posta a disposición dos consumidores.



a) Encoros

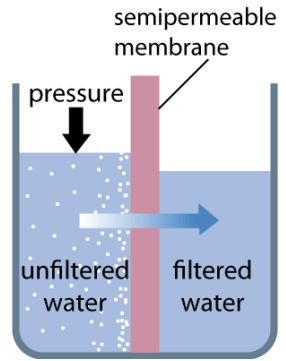
Son diques que permiten o almacenamento de grandes cantidades de auga. Deste xeito se acumula auga en periodos de choiva que se garda para cando chove menos. Son tamén moi útiles para a prevención de inundacións e con eles se pode xenerar enerxía eléctrica anque non están exentos de impactos ambientais como podes ver na imaxe adxunta.

b) Trasvasamentos

Son conductiones de auga dende concas excedentrias (onde sobra) a outras onde falta. Teñen un forte impacto ambiental e dado que o transporte se fai por canles a evaporación tamén é moi intensa.

c) Desalgamento da auga do mar

A maior parte da auga que se precisa para o consumo humano é doce mentras que a maioría da auga superficial é salgada polo que a desalinización é unha fonte virtualmente inesgotable de auga doce. A **desalinización** é a eliminación do exceso de sales da auga do mar para convertila en auga doce axeitada para o consumo humano. Anque existen varios métodos o máis utilizado hoxe en día é o da **ósmose inversa** polo que fai pasar auga salgada a elevada presión por unha membrana semipermeable (deixa pasar a auga pero non as sales) co que sae por un lado auga doce quedando un residuo de auga con moita concentración de sales (salmoira).



As modernas plantas consiguen auga de boa calidade a un prezo razoable especialmente en zonas con climas secos e moito consumo de auga pola actividade turística como a zona mediterránea. España é o quinto país mundial en plantas desaladoras.

d) Control da explotación de acuíferos

A auga subterránea é a principal reserva de auga doce líquida da Terra e se as condicións xeolóxicas da zona son as axeitadas se poden almacenar grandes cantidades con moi poucas perdas por evaporación. Un bo regulamento na explotación dos acuíferos garante que exista dispoñibilidade de auga para épocas de seca.

EXERCICIOS

País	Recursos hídricos (km ³)	m ³ per capita	Utilización sectorial (%)		
			Doméstico	Industrial	Agraria
Noruega	392	90385	20	72	8
Alemaña	171	2096	11	70	19
India	2085	2228	3	4	93
Kuwait	0,2	103	64	32	4
Egipto	58,1	923	6	9	85
Zaire	1019	23211	61	16	23
EEUU	2478	9413	13	45	42
Brasil	6950	42957	22	19	59
Australia	343	18963	65	2	33
Nova Zelandia	327	91469	46	10	44

1. (S) Á vista dos datos da seguinte táboa



1.1. Que conclusións sacarías sobre o diferente consumo de auga nos tres sectores que fan os distintos países? A qué é debido?

1.2. Diferencia entre uso consuntivo e non consuntivo nos distintos sectores.

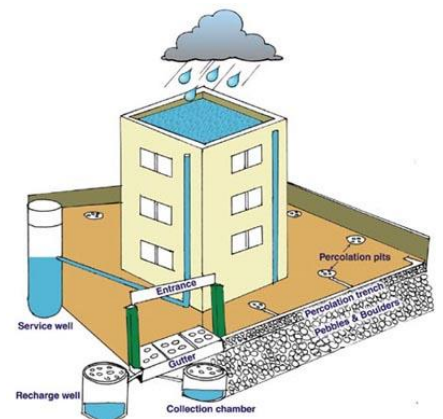
1.3. ¿Que medidas proporías para aforrar auga en cada un dos tres sectores?

2. A figura inferior se refire á xestión dos acuíferos. Traduce os textos.

Groundwater Depletion

<p>Prevention</p> <p>Waste less water</p> <p>Subsidize water conservation</p> <p>Limit number of wells</p> <p>Do not grow water-intensive crops in dry areas</p>	 	<p>Control</p> <p>Raise price of water to discourage waste</p> <p>Tax water pumped from wells near surface waters</p> <p>Set and enforce minimum stream flow levels</p> <p>Divert surface water in wet years to recharge aquifers</p>
--	--	---

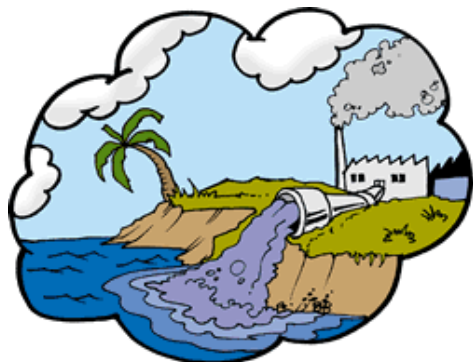
3. O debuxo da dereita se refire a unha medida, pouco utilizada en España, de planificación hidrolóxica. De cál se trata e en qué grupo a incluírías.



3. A CONTAMINACIÓN DA AUGA

3.1 - XENERALIDADES

Contaminación é a introducción de substancias, organismos ou formas de enerxía nun medio, no noso caso na hidrosfera, que fan que sexa inseguro o non apto para a súa utilización como recurso.



As fontes de contaminación ou **emisores** xeneran os contaminantes e os envían aos corpos de auga ou **receptores** (ríos, lagos, mares). As emisións en estado líquido se chaman **vertidos** ou **efluentes** e chegan aos receptores a través da escorrentía superficial ou subterránea. No caso dos contaminantes sólidos estes poden ser enviados directamente aos corpos de auga ou depositados en terra firme onde a auga de choiva ou de rega arrastra os contaminantes que son levados cara os receptores. A este último proceso se lle chama **lixiviación**.

Se unha emisión contaminante se realiza concentrada nun punto concreto, por exemplo unha cañería, se di que é **puntual**, mentras que se o fai nunha zona máis ou menos ampla se di que é **difusa**.

A contaminación pode ter unha **orixe natural** anque neste caso os **mecanismos de autodepuración** dos que falaremos máis adiante adoitan neutralizar os seus efectos nos cursos de auga (hai autores que este tipo non o consideran

contaminación).

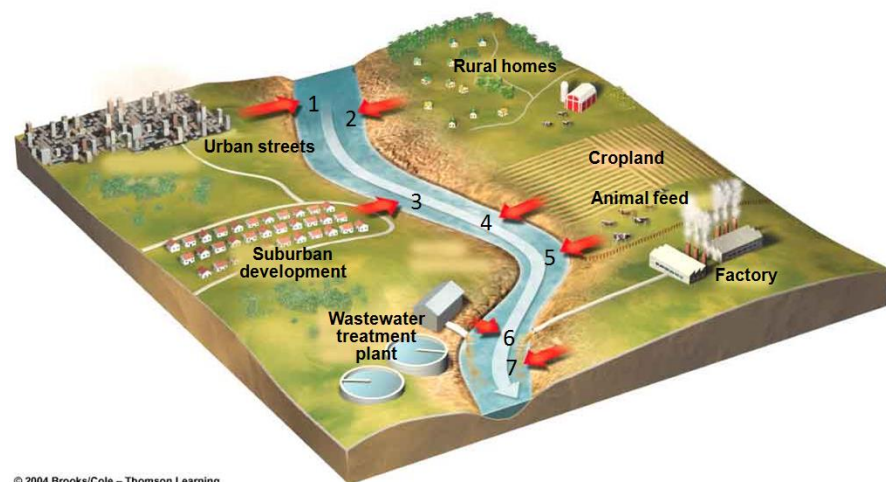
A contaminación debida á **actividade humana** (antrópica ou antropoxénica) adoita xenerar grandes cantidades de contaminantes concentrados en zonas concretas e con frecuencia conteñen substancias non biodegradables o que pode provocar graves alteracións nos ecosistemas acuáticos. Como xa comentamos en temas anteriores as substancias biodegradables son utilizadas polos descompoñedores co que se incorporan rapidamente ao ciclo da materia mentres que as **non biodegradables** dependen de procesos químicos para a súa eliminación o que fai que permanezan durante moitos anos nos ecosistemas.

Dentro da contaminación antrópica podemos considerar tres tipos principais segundo a súa orixe:

a) Contaminación doméstica, debida ao uso da auga en vivendas, locais comerciais e servizos. Esta auga está comtaminada con excrementos, restos de comidas, deterxentes, etc. En xeral materiais biodegradables.

b) Contaminación agrícola, debida ao uso de fertilizantes, pesticidas e outros produtos que son lixiviados cara augas subterráneas e superficiais. Na gandeiría abundan os restos orgánicos dos excrementos, pensos, etc.

c) Contaminación industrial, a máis complexa xa que utiliza unha grande variedade de produtos químicos, moitos deles non biodegradables, que poden ser emitidos ben como refugallo ou de xeito accidental. Neste apartado se poden inclir tamen as explotacións mineiras que utilian unha grande cantidade de auga. A normativa esixe a depuración previa das augas utilizadas na industria antes da súa eliminación.



EXERCICIO

Na figura inferior tes representados sete emisores de contaminación da hidrosfera de orixe antrópico. Indica o tipo polo que respecta a súa orixe e se son puntuais ou difusos.

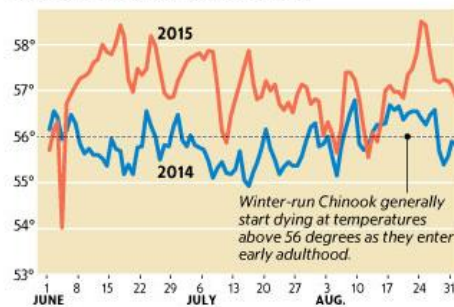
3.2 - PRINCIPAIS CONTAMINANTES DA AUGA

Contaminantes son todas aquelas substancias, seres vivos ou formas de enerxía que se atopan na auga en proporcións superiores ás consideradas normais. Se poden clasificar en físicos, químicos e biolóxicos anque como verás algúns deles se poden situar en máis de unha categoría.

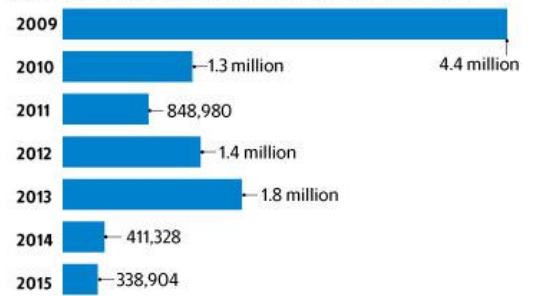
3.2.1- Contaminantes físicos

a) Temperatura, certas industrias utilizan auga para a refrixeración o que fai que esa auga quente aumenta a temperatura dos corpos de auga aos que é vertida. Ese incremento de temperatura pode causar a alteración dos ciclos de crecemento e reprodución de certos organismos (gráfico da dereita, temperaturas en °F) e incluso provocar a súa desaparición. Tamén provoca unha diminución da cantidade de osíxeno disolto, necesario para a respiración de dos organismos.

Average daily water temperatures in the Sacramento River above Clear Creek



The number of Sacramento River winter-run Chinook salmon juveniles swimming to the sea has dramatically declined



b) Sólidos en suspensión, son partículas de pequeno tamaño que permanecen na masa de auga e lle dan turbidez. Poden ser de **orixe inorgánico** (limos, arxilas) producidas xeralmente porla erosión do solo ou **restos de materia orgánica** orixinadas por vertidos de augas residuais domésticas ou industriais.

A turbidez da auga fai diminuír a capacidade de penetración da luz reducindo a fotosíntese nos ecosistemas acuáticos. Por outra banda estas partículas finas se deposita nas branquias e outros órganos dificultando a respiración e, no caso dos animais filtradores, a alimentación.

3.2.2- Contaminantes químicos

a) Compostos orgánicos.

Aquí se inclúen restos de materia orgánica (glúcidos, lípidos, proteínas) que proceden sobre todo de augas residuais domésticas ou de actividades agrícolas e gandeiras. Esta materia orgánica supón un aporte de nutrientes cuxas consecuencias veremos máis adiante.

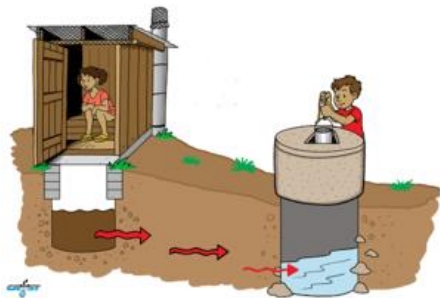
Neste apartado tamén se inclúen outros compostos de orixe non biolóxico como pesticidas, organoclorados, disolventes, petróleo e derivados etc. algúns de cuxos efectos veremos máis adiante.

b) Compostos inorgánicos

Unha grande variedade producidos producidos por vertidos tanto domésticos como industriais ou agrícolas. Algúns exemplos: metais pesados (Pb, Hg, ...) con efectos tóxicos, ácidos e bases que modifican o pH das augas, compostos de nitróxeno e fósforo que actúan como factores limitantes da fotosíntese, etc.



3.2.3- Contaminantes biolóxicos



Aquí podemos incluír os restos de materia orgánica dos que xa falamos e os microorganismos. Dentro dos microorganismos son especialmente importantes os causantes de enfermidades que se transmiten pola auga de bebida e que inclúen bacterias (cólera, febre tifoidea, gastroenterite), virus (hepatite A) e parasitos (lombrigas intestinais, giardia).

Dentro das bacterias destaca un grupo chamado as **coliformes** (*Escherichia coli* é a máis importante) que viven no intestino de moitos animais e se expulsan nas feces. Anque moitas delas non son patóxenas a súa presenza na auga é **indicadora de contaminación fecal** polo que nesa auga podería haber outros microorganismos patóxenos.

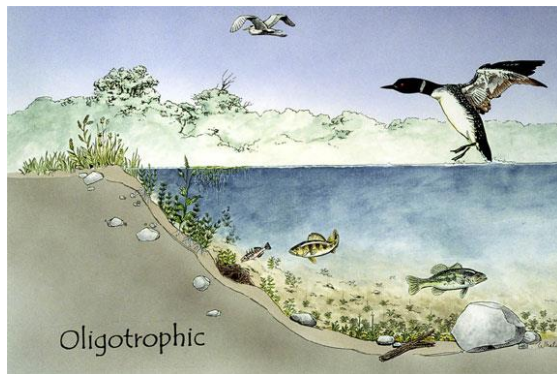
3.3 - EFECTOS DA CONTAMINACIÓN DAS AUGAS

Os efectos da contaminación nas masas de auga dependen de factores como o tipo de contaminante, a súa concentración, o movemento das masas de auga que dispersen esos contaminantes, etc. Veremos algúns exemplos concretos.

3.3.1- A eutrofización

Este fenómeno afecta a masas de auga de escaso movemento como lagos, charcas, enseadas litorais e similares. Nestes ecosistemas os produtores están situados no fondo (algas, plantas enraizadas) e na superficie (fitoplancto, plantas aboiantes), mentras que na masa principal de auga viven animais como peixes, crustáceos e insectos. Cando un ecosistema deste tipo, por

exemplo un lago, está sin contaminar se di que é **oligotrófico**: as augas contiñen poucos nutrientes (P e N especialmente) o que limita o crecemento dos produtores e as augas son limpas e transparentes e con boa concentración de osíxeno. Isto permite o crecemento de animais como os peixes e outros.

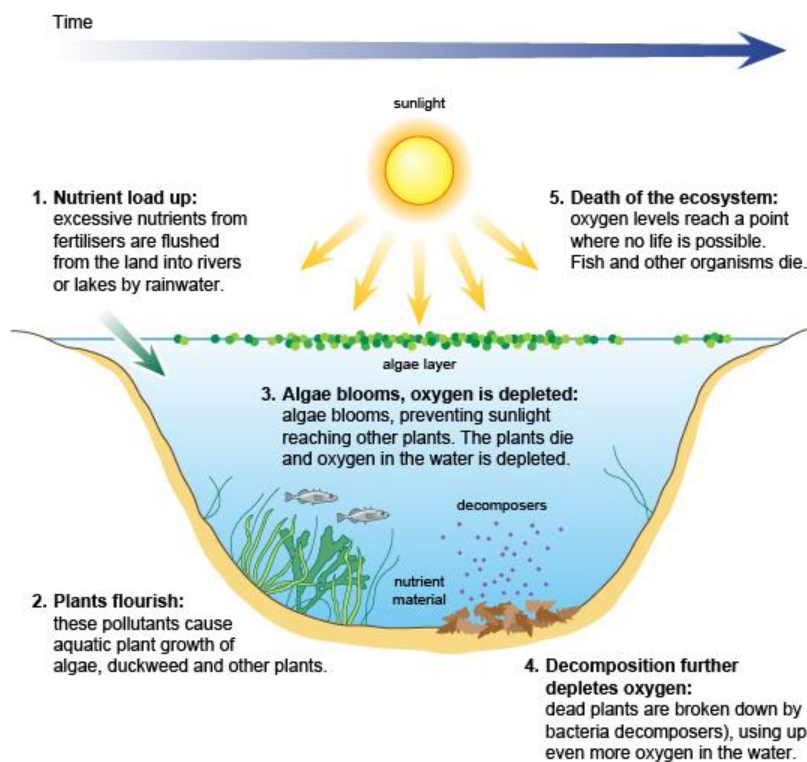


Se se introduce no ecosistema un vertido que aporte nutrientes (augas residuais, fertilizantes agrícolas, detergentes con fosfatos) se produce un crecemento excesivo de algas e outros produtores xa que N e P son factores limitantes da fotosíntese. Este crecemento se produce sobre todo na superficie do lago (onde hai máis dióxido de carbono) o que diminúe a penetración de luz cara o fondo e a difusión de osíxeno, podendo causar a morte dos produtores do fondo.

Se a situación se mantén o crecemento dos produtores é excesivo e provoca a súa mortandade o fai que se acumulen no fondo. A descomposición destes restos por bacterias consume o osíxeno do lago xenerando situación de hipoxia (baixo contido en osíxeno) ou anoxia (moi baixo contido en osíxeno) o que acaba eliminando aos consumidores propios do ecosistema. A descomposición de todos estes restos xenera compostos de cheiro desagradable, tóxicos e con frecuencia con microorganismos patóxenos.

A toda esta secuencia de acontecementos se lle chama **eutrofización**.

O control dos vertidos, a limitación do uso nos fertilizantes agrícolas e a diminución no contido de fosfatos nos detergentes son algunhas das medidas preventivas para evitar o problema. Cando xa se produciu a eutrofización esta a dar certo resultado a inxección de osíxeno nestes ecosistemas o que aceleraría a proceso de recuperación.



EXERCICIO

Fai no teu caderno un esquema similar ao da figura e traduce os textos referentes á eutrofización

3.3.2- As mareas negras

As mareas negras son vertidos de petróleo ou dos seus derivados no océano. Anque os máis espectaculares son os accidentes dos grandes petroleiros a maioría dos vertidos se producen por actividades cotiás nos barcos (limpezas de depósitos etc.), procesos industriais ou durante a extracción. Con todo os accidentes dos petroleiros teñen un forte impacto ambiental xa que os os vertidos moi grandes e concentrados en pouco espazo.

Como xa sabes o petróleo está formado principalmente por **hidrocarburos** insolubles en auga e de menor densidade. Por esta razón forman unha película na superficie que impide o intercambio de gases e, se son opacos, a penetración da luz o que ocasiona unha forte diminución da produción primaria. Ademais cando estes hidrocarburos chegan á costa se pegan ás rochas, area, organismos (aves, peixes) alterando a súa

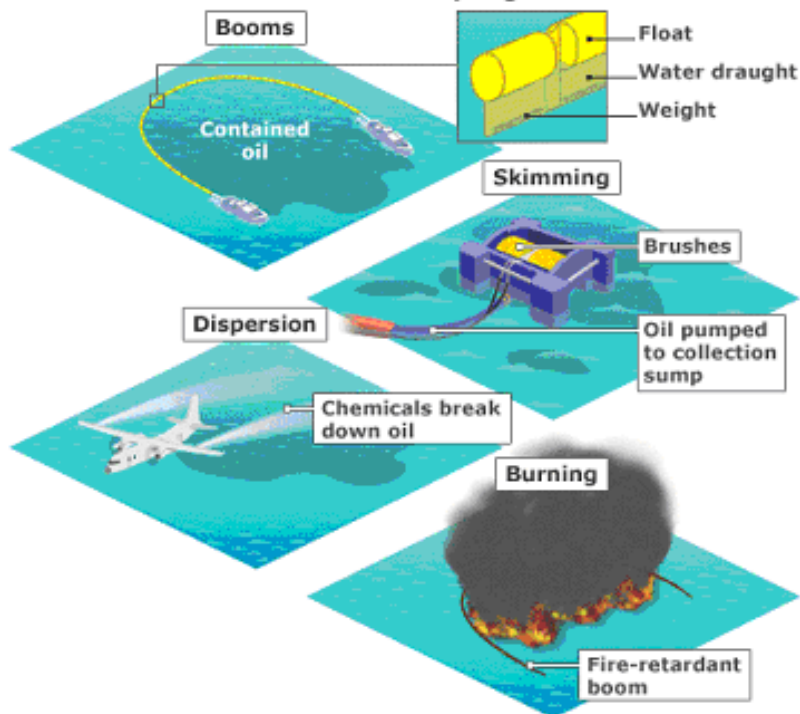


actividade e causando grande mortandade entre os organismos.

Parte dos compoñentes do petróleo son tóxicos e poden ser incorporados ás cadeas tróficas ou á atmosfera causando diferentes danos a curto, medio e longo prazo que poden afectar á especie humana (recorda que nos tamén formamos parte das cadeas tróficas): problemas respiratorios, irritación da pel e ollos, tumores, etc.

Medidas preventivas para evitar as mareas negras son regulacións do tráfico de petroleiros, normas de seguridade para os barcos, control da limpeza dos tanques dos buques, etc.

Surface measures used to contain oil spillages



Eliminación dos contaminantes.

Biorremediación

O petróleo se pode eliminar de xeito natural mediante procesos físicos, químicos e biolóxicos nun exemplo de **autodepuración**, concepto que trataremos máis adiante. Algúns destes procesos son: evaporación dos compoñentes volátiles, degradación pola acción da luz solar ou pola reacción co osíxeno atmosférico, fragmentación en pequenas gotas grazas ás ondas, degradación por bacterias, etc.

Con todo estes procesos son moi lentos e frecuentemente se levan a cabo actuacións para aceleralos. Algunhas delas as tes recollidas na figura adxunta.

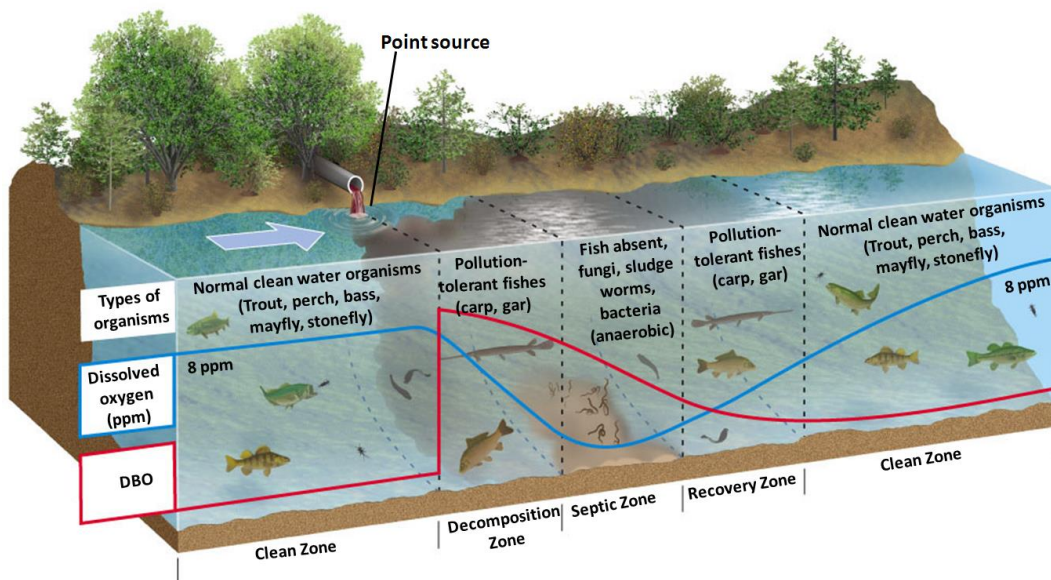
EXERCICIO

Traduce os textos e para cada unha das medidas ilustradas indica unha vantaxe e un inconveniente.

A **biorremediación** consiste na utilización de seres vivos para a eliminación de contaminantes. Os hidrocarburos do petróleo son biodegradables, é dicir, poden ser eliminados por seres vivos, en concreto por bacterias. O proceso é moi lento xa que os hidrocarburos aportan C pero non outros elementos como N ou P que xa sabemos son escasos no medio mariño. Para aceleralo se adoitan utilizar mesturas conteñen as bacterias axeitadas, a veces modificadas xeneticamente, xunto con nutrientes ricos en P e N o que aumenta moito a velocidade do proceso.

3.4 - A AUTODEPURACIÓN

A autodepuración é un conxunto de procesos que permiten a recuperación dunha masa de auga despois dun vertido contaminante. Estes procesos poden ser físicos (evaporación, filtración, enterramento baixo os sedimentos), químicos (reaccións químicas que transforman os contaminantes en produtos inocuos) ou biolóxicos (eliminación dos contaminantes pola acción de seres vivos). Na figura inferior tes un exemplo do proceso de recuperación dun cauce fluvial tras un vertido de augas residuais



ricas en materia orgánica.

Como podes ver o aporte desta materia orgánica causa unha diminución da cantidade de osíxeno disolto debido a que as bacterias encargadas de degradala o consumen. Isto fai que desaparezan moitas especies de organismos que requiren unha elevada cantidade de osíxeno para sobrevivir e sexan substituídas por

outras máis tolerantes á falta de osíxeno.

A medida que desaparece a materia orgánica o consumo de osíxeno é menor o que permite aumentar a súa concentración ata os niveis anteriores ao vertido. Esta recuperación se fai por dúas vías: difusión da atmosfera, axudada polos movementos da auga, e o desprendido polos produtores, especialmente os situados no fondo. A medida que se recuperan os valores de osíxeno volven a aparecer as especies propias de augas limpas

3.5 - A CALIDADE DA AUGA

A calidade da auga a podemos definir como as características que debe ter a auga para ser utilizada nun determinado uso: doméstico, rega, baño, etc. Para elo se determinan unha serie de características ou parámetros nunha mostra de auga mediante unha análise. A lexislación establece os valores destes parámetros en función do uso que se lle vaia a dar.

Os parámetros a analizar se clasifican en físicos, químicos e biolóxicos.

3.5.1- Parámetros físicos

Son por exemplo a temperatura, turbidez ou condutividade eléctrica (que depende da concentración de substancias ou TDS). Aquí tamén se poden incluír características organolépticas, é dicir, as que se perciben cos sentidos, como o cheiro ou o sabor.

3.5.2- Parámetros químicos

Mide os distintos compoñentes químicos nunha mostra de auga. Veláí algúns deles:

- pH, mide a acidez da auga que aoita estar entre 6.5 e 9.5 nas augas potables
- Concentración de osíxeno (OD). Un bo indicador da calidade da auga, canto máis osíxeno disolto máis limpa está.
- Carbono orgánico total (COT). Mide a cantidade total de materia orgánica
- Demanda biolóxica de osíxeno (DBO) mide o osíxeno consumido polos microorganismos que degradan a materia orgánica. É polo tanto unha medida indirecta da materia orgánica biodegradable.
- Demanda química de osíxeno (DQO). Mide o osíxeno que se necesitaría para oxidar a materia orgánica por métodos químicos (xeralmente con MnO_4K). É unha medida indirecta da cantidade de materia orgánica tanto biodegradable como non. Se hai moita diferenza entre os dous parámetros anteriores nos indica un vertido rico en materia orgánica non biodegradable ou cunha toxicidade que impide a súa degradación biolóxica.
- Concentración de nitróxeno. Se miden tres especies químicas: amonio (NH_4^+ , nitritos e nitratos). Unha alta concentración adoita ser un sinal de contaminación orgánica. O que aparece en maior cantidade son os nitratos que como recordarás do ciclo do nitróxeno é o paso final da nitrificación. A presenza dos dous primeiros en cantidades altas indica unha contaminación recente ou que non se copleto a nitrificación.

3.5.3- Parámetros biolóxicos. Os bioindicadores.

Un bioindicador é un organismo que vive nunhas determinadas condicións polo que a súa presenza nos suxire que se dan estas condicións. Nas análises de auga se adoitan utilizar microorganismos como os **coliformes**. Os coliformes son un grupo de bacterias, a máis coñecida é *Escherichia coli*, que viven fundamentalmente no intestino dos mamíferos polo que a súa presenza na auga é un indicador de contaminación fecal. Outros indicadores deste tipo son os enterococos intestinais e os estreptococos fecais

ICG	Calidad del agua
ICG =100	Excelente
$85 \leq \text{ICG} < 100$	Muy buena
$75 \leq \text{ICG} < 85$	Buena
$65 \leq \text{ICG} < 75$	Utilizable
$50 \leq \text{ICG} < 65$	Mala (limitaciones en su uso)
$\text{ICG} < 50$	Pésima (graves limitaciones en su uso)

En estudos ecolóxicos tamén se poden utilizar macroorganismos como insectos, peixes, algas, etc. que serven de indicadores para distintas condicións de contaminación.

3.5.4 - Índices de calidade da auga

Para simplificar todo o volumen de información que nos ofrecen as análises se elaboran uns índices a partir dos parámetros anteriores. Estes índices son valores adimensionais calculados a partir dos parámetros mencionados utilindo diversas fórmulas que os resumen a un número. O máis utilizado en España e o índice xeral de calidade da auga (ICG) e na táboa da esquerda tes algúns rangos de valores

EXERCICIO

A imaxe da páxina seguinte é un análise de pobailidade dunha mostra de auga de uso doméstico

- Clasifica os distintos parámetros analizados en físicos, químicos e biolóxicos
- Un dos parámetros se refire a DQO, cál?
- De qué depende a condutividade da auga?
- Qué son os coliformes e por qué se determinan nas mostras de auga?
- Qué podería indicar unha alta concentración de nitratos?
- Qué nos indicaría unha elevada turbidez e cál podería ser a súa orixe?
- Cál é a orixe do cloro libre que ten a auga?. Esperariamos atopalo nunha fonte natural?

INFORME DE RESULTADOS

D. JESÚS NÚÑEZ-TORRÓN LÓPEZ jefe de Área de MICRO/QUIMICA
certifica(n) los datos de la(s) muestra(s) y sus resultados analíticos

Otros datos : AUGA RECOLLIDA O DÍA ANTERIOR E DEIXADA NA NEVERA

Nombre Determinación	Resultado	Método
Analisis potabilidad mínimo		
Coliformes totales	<1 UFC / 100 ml	PEM/01
Coliformes fecales	<1 UFC / 100 ml	PEM/02
Enterococos intestinales	<1 UFC / 100 ml	PEM/03
pH	6.2	PEQ/05
Conductividad	49.9 μ S / cm	PEQ/06
Turbidez	0.27 U.N.F.	PEQ/07
Nitritos	<0.01 mg / l	PEQ/02
Nitratos	2.0 mg / l	PEQ/04
amonio	<0.1 mg / l	PEQ/03
Oxidabilidad KMnO4	1.53 mg / l O2	PEQ/08
Cloro libre	0.2 mg / l Cl2	PEQ/01

OBSERVACIONES: Os resultados obtidos para os parámetros ensaiados CUMPREN coa lexislación vixente

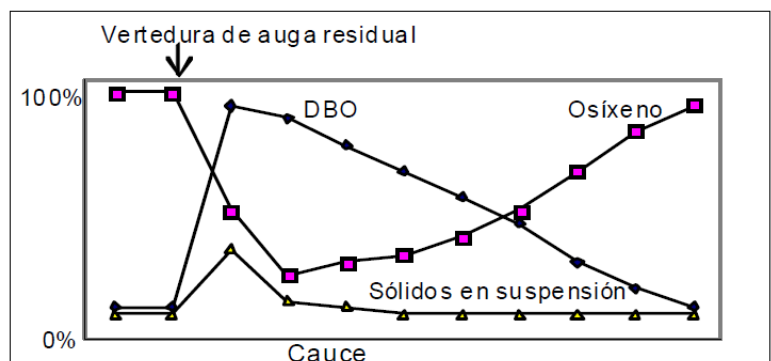
EXERCICIOS

2. Contesta as seguintes cuestións relacionadas coa HIDROSFERA.

- 2.1. Que relación existe entre a sobreexplotación e a salinización dun acuífero próximo á costa?
- 2.2. Indicar as causas que poderían facer diminuír a cantidade de osíxeno disolto na auga e as súas consecuencias.
- 2.3. Indicar os efectos que ten a eutrofización nas masas de auga, e explicar porque esta é, xeralmente, de maior magnitude nas pozas ou nos lagos que nos ríos.
- 2.4. Por que son tan importantes as zonas de afloramento dende un punto de vista económico?
- 2.5. Que consecuencias pode ter para un lago a achega de augas con fertilizantes químicos e augas domésticas con deterxentes? Razoar a resposta.
- 2.6. Que procesos do ciclo hidrolóxico se verán freados ou intensificados como consecuencia da deforestación masiva? ¿Por que?
- 2.7. Dadas as características litolóxicas da Galiza, ¿como esperamos que sexan os seus acuíferos?
- 2.8. Explica un parámetro que permita determinar a cantidade de materia orgánica na auga.
- 2.9. Os deterxentes clásicos conteñen grande cantidade de fósforo. ¿Cal é o efecto que pode ter a achega excesiva deste elemento nun lago o nun encoro?
- 2.10. Explica, brevemente, dous efectos ambientais orixinados polas mareas negras sobre os ecosistemas mariños.

3. Observa o esquema adxunto e **contesta as cuestións** que se presentan.

- 3.1. Indica dous contaminantes químicos da auga e un efecto producido por cada un deles.
- 3.2. ¿Como evoluciona a DBO en relación co O₂ no proceso de autodepuración?
- 3.3. ¿Que acontece cos sólidos en suspensión ao longo do proceso de autodepuración?. Razoar a contestación.
- 3.4. ¿Que son os bioindicadores? ¿Que vantaxes achega a súa utilización
- 3.5. ¿Como pode afectar a temperatura á concentración de O₂ disolto na auga?
- 3.6. ¿Que condicións deben aparecer no leito para considerar que o proceso de autodepuración se completou?



4. Un equipo de técnicos realiza a análise de dúas mostras de auga correspondentes a dúas zonas diferentes dun río. Os valores dalgúns parámetros preséntanse na seguinte táboa. En relación con eses resultados **contesta as cuestións** que se presentan.

ZONA	DBO (mg/l)	Bacterias coliformes por litro
ZONA A	2,8	60.000
ZONA B	250	150.000

4.1. Qué é a DBO e qué información proporciona?

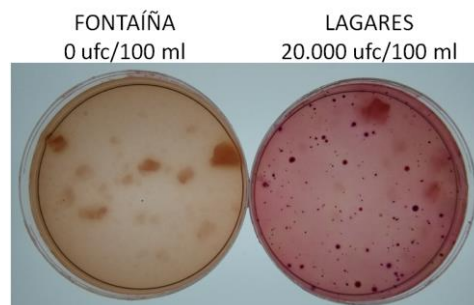
4.2. En cal das dúas zonas existe maior contaminación e a que podería deberse?

4.3. Que posible medida correctora se podería aplicar?.

4.4. Que son os bioindicadores?

5. (S). Define brevemente os conceptos que se indican a continuación: AFLORAMENTO OCEÁNICO, EUTROFIZACIÓN, INTRUSIÓN MARIÑA, OLIGOTRÓFICO, AUTODEPURACIÓN, MAREA VERMELLA, DBO, CIRCULACIÓN TERMOHALINA, BIOINDICADOR.

6. O 19 de Decembro de 2016 fixemos no laboratorio do Instituto determinacións de coliformes totais en dúas mostras de auga unha na desembocadura do Lagares e a outra na praia da Fontaiña. Os resultados os tes na imaxe da dereita. Da unha explicación a estes resultados.



7. (S). Sinala como verdadeiras (V) ou falsas (F) as Seguintes frases. As respostas erróneas puntuarán negativamente.

- A sobreexplotación dun acuífero é provocada pola extracción de auga en cantidades superiores á súa capacidade de recarga.
- Canto maior sexa a cantidade de O₂ disolto na auga, mellor será a súa calidade.
- A autodepuración das augas é independente da cantidade de O₂ disolto.
- A deshidratación é un proceso da liña de auga nunha estación depuradora.
- A sobreexplotación dun acuífero próximo á costa no implica a súa salinización.
- A autodepuración das augas depende, entre outros factores, da cantidade de O₂ disolto.
- A sobreexplotación dun acuífero pode provocar un descenso do nivel freático.
- A actividade fotosintética do fitoplancto xera un incremento de O₂ na superficie da auga, que escapa á atmosfera.
- A eutrofización pode provocar anoxia na capa profunda da auga.
- Os afloramentos costeiros están determinados, principalmente, polo vento.
- As plataformas costeiras son zonas de baixa produtividade
- A eutrofización das augas é máis probable en augas correntes que en estancadas.
- O aumento de sólidos en suspensión na auga dificulta a respiración dos organismos acuáticos
- Engadir nitratos e fosfatos á auga contribúe a evitar o risco de eutrofización
- O aumento dos sólidos en suspensión na auga pode provocar alteracións nas cadeas tróficas.
- Canto maior sexa a cantidade de sulfatos, nitratos e fosfatos na auga, mellor será a súa calidade
- A deshidratación é un proceso da liña de lodos