

Unidade: Impactos sobre atmosfera e hidrosfera

1.- Impactos sobre a atmosfera: contaminación atmosférica

1.1 Fontes e tipos de contaminación

1.1.1 Contaminación física

1.1.2 Contaminación química

1.2 Dinámica dos contaminantes na atmosfera.- Dispersión

1.3 Impactos producidos pola contaminación atmosférica

1.3.1 Impactos locais: illas térmicas e smog

1.3.3 Impactos rexionais: precipitación ácida

1.3.3 Impactos globais: destrución da capa de ozono e efecto invernadoiro

1.4 Calidade do aire.- Medidas preventivas e correctoras.

2.- Impactos sobre a hidrosfera: contaminación da auga

2.1 Fontes de contaminación

2.2 Tipos de contaminantes

2.3 Impactos sobre a contaminación da auga

2.3.1 Eutrofización

2.3.2. Impactos na auga subterránea

2.3.3 Contaminación mariña: mareas negras

2.3.4 Mareas vermellas

2.4 Medida da calidade da auga.

2.5 Sistemas de tratamentos da auga: potabilización e depuración

Introdución:

Definimos impacto ambiental como calquera alteración do medio ocasionada pola actividade humana. Se ben o ser humano alterou o medio dende épocas prehistóricas, na actualidade os impactos ambientais son de tal magnitude que poñen en perigo o planeta. Os principais impactos son: esgotamento de recursos, contaminación de aire e auga, deforestación e desertificación, extinción de especies, acumulación de residuos e o cambio climático.

Esta unidade trata sobre os impactos ambientais sobre atmosfera e hidrosfera.

1. Impactos sobre a atmosfera: contaminación atmosférica

Contaminante é calquera substancia química ou forma de enerxía, presente durante un tempo e en cantidade abonda como para producir efectos prexudiciais no medio natural, nos seres vivos ou nos materiais.

1.1. Fontes e tipos de contaminación:

En función da súa orixe, distinguimos dúas fontes de contaminación:

- contaminación natural, producida pola propia dinámica do planeta (erupcións volcánicas, tempestades de po, incendios naturais, presenza de microorganismos, poles e esporas, radioactividade natural, etc).
- contaminación antrópica ou antropoxénica, introdución de contaminantes na atmosfera a causa de actividades humanas. A fonte principal procede do *uso de combustibles fósiles* como petróleo, carbón e gas en industria, minaría, transporte e calefaccións domésticas.

Segundo a súa natureza, distinguimos dous tipos de contaminación: química e física.

- contaminación física: producida por unha forma de enerxía
- contaminación química: xerada por substancias químicas determinadas

1.1.1. Contaminación física, ou producida por diferentes formas de enerxía, destacando a contaminación radioactiva, acústica, térmica, e lumínica.

– Contaminación radioactiva: debida a partículas ou radiación electromagnética, con capacidade ionizante (alterar a estrutura atómica e molecular). Distinguimos catro tipos destas radiacións: alfa, beta, gamma e raios X, con poder penetrante nos tecidos dos seres vivos e orixinar mutacións xenéticas, dando lugar a enfermidades graves como leucemia, tumores, malformacións ou a morte inmediata.

A orixe pode ser natural, asociada a rochas como granitos que conteñan uranio, ou sobre todo antrópica, procedente de explosións e centrais nucleares, actividades médicas ou centros de investigación, Exemplos: explosións atómicas sobre Hiroshima e Nagasaki, accidentes nucleares das centrais de Chernobyl e Fukushima.

As radiacións non ionizantes, como ultravioleta, infravermello e microondas, poden producir trastornos hormonais e inmunolóxicos, pero máis alá do efecto contrastado da radiación *uv* sobre a saúde humana, os efectos de antenas, repetidores, teléfonos móbiles e liñas de alta tensión non están moi craros.

– Contaminación acústica ou sonora: Definimos ruído como sons molestos que producen efectos nocivos para a saúde humana e a fauna.

A intensidade do son mídese en decibelios (dB), sendo 65 dB o límite máximo permitido pola Unión Europea, e por riba de 120 dB a sensación é dolorosa.

As principais fontes de ruído son: *industria, construción, medios de transporte, vivendas e lugares de ocio*.

Os efectos do ruído dependen da intensidade e da frecuencia, do tempo de exposición e doutros factores como idade e sensibilidade das persoas.

Entre os efectos producidos polo ruído distinguimos: efectos fisiolóxicos como *fatiga auditiva*, aumenta o umbral de audibilidade; *xordeira profesional*, por exposicións prolongadas a sons agresivos; e *traumatismos acústicos*, ou perda brusca da audición. Como efectos indirectos: vertixes, náuseas, alteracións do ritmo cardíaco e respiratorio e do sistema endócrino.

Como efectos psico-fisiolóxicos citamos dor de cabeza, estrés, alteracións do sono, irritabilidade e falta de concentración, que inciden na diminución da calidade de vida e do rendemento, favorecendo accidentes laborais e fracaso escolar.

España é un dos países do mundo con maior contaminación acústica.

Medidas de control do ruído:

A contaminación acústica é un problema ligado á urbanización e mecanización das actividades humanas, que incide na calidade de vida e produce desorientación na fauna. As accións para combatela poden ser preventivas, medidas previas que eviten a súa aparición, e correctoras, que mitiquen os seus efectos.

- ✓ *Medidas preventivas*.- Planificación urbana que impida a proximidade das vivendas a focos de ruído; insonorización de edificios; realizar mapas de ruído; medidas lexislativas e educativas, que favorezan condutas responsables.
- ✓ *Medidas correctoras*.- Destaca a acción directa sobre as fontes de ruído como a instalación de barreiras sónicas, cambio de lugar de locais ruidosos, ou penalización de condutas irresponsables.

– Contaminación lumínica: denomínase así ao resplandor nocturno orixinado pola luz artificial que pode afectar ao comportamento de moitos seres vivos, á perda das características propias do entorno natural, e a unha notable redución da observación do ceo nocturno e fenómenos astronómicos, así como malgaste enerxético.

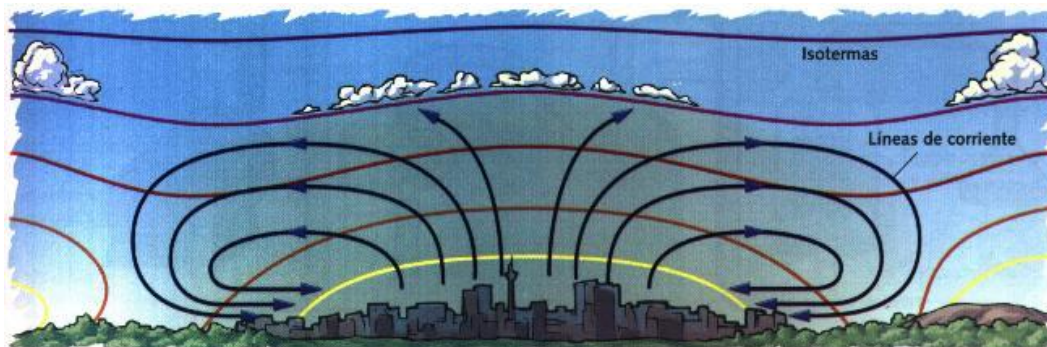
Entre as medidas que se poden aplicar para diminuír a contaminación lumínica destaca o uso de lámpadas de baixo consumo, ben orientadas e durante as horas que realmente se necesite.

– Contaminación térmica: **illas térmicas** ou **illas de calor**.

Fenómeno que se refire á maior temperatura dos núcleos urbanos con respecto ás zonas colindantes (dende 1–3° C ata 10° pola noite) a causa de varios factores como:

- ✓ a produción de calor en múltiples procesos de combustión urbana (industria, transporte, calefacción).
- ✓ o uso de pavimentos como o asfalto que absorben calor e dificultan a disipación pola noite.
- ✓ edificios altos que obstrúen a circulación de masas de aire freando a velocidade do vento ou provocando turbulencias.

O conxunto deste procesos favorece a aparición de brisas urbanas, nas que o aire quente do interior ascende sendo substituído por ventos periféricos, a menor temperatura, pero a miúdo cargados de contaminantes ao proceder dos cintos industriais do redor, así como a creación dunha capa de inversión térmica con néboas que favorece a permanencia da “boina de contaminantes” (smog) sobre a cidade.



1.1.2. Contaminación química da atmosfera, producida por substancias químicas, distinguindo dous tipos de contaminantes: primarios e secundarios.

Contaminantes primarios: son substancias emitidas directamente á atmosfera dende as fontes emisoras. Son, por exemplo, partículas, SO₂, CH₄ ou CFC.

| contaminante primario | fonte natural | fonte antrópica | efectos |
|---|--|--|--|
| partículas (po, aerosois, fumes) | mar, pole, incendios, cinza volcánica ... | transporte, industria, minaría, calefacción, construción | smog / enfermidades respiratorias (asma, alerxias, tumores...) |
| gases de xofre: • SO ₂ picante • SH ₂ cheiro ovo podre | volcáns • SH ₂ pantanos e marismas (fermentación) | • SO ₂ uso de carbón e petróleo (industria, calefacción, motores) • SH ₂ vertedoiros, foxas | smog / choiva ácida |
| óxidos de nitróxeno: N ₂ O e NO _x (NO, NO ₂) | volcáns, tormentas incendios | • N ₂ O desnitrificación de solos (exceso abonos) • NO / NO ₂ uso carbón e petróleo (industria, motores, calefacción) | • N ₂ O gas invernadoiro • smog e choiva ácida |
| • CO (monóxido de C) • CO ₂ (dióxido de C) compoñente natural da atmosfera / necesario fotosíntese | volcáns, incendios • CO ₂ en respiración e combustións | • CO: combustións incompletas • CO ₂ combustións: combustible fósil + O ₂ ⇒ CO ₂ + H ₂ O | • CO morte por asfixia (altera a hemoglobina) • CO ₂ gas invernadoiro e cambio climático |
| compostos orgánicos: • CH ₄ (metano) • dioxinas: artificiais, bioacumulativas | • CH ₄ : volcáns / pantanos e marismas, por fermentación | • CH ₄ refinarias, arrozais gandería, vertedoiros • dioxinas: incineración plásticos tipo PVC | • CH ₄ gas invernadoiro • dioxinas: causan mutacións e cancro |
| compostos haloxenados: Cloro, CFC e outros | gases volcánicos (agás CFC) | • CFC en aerosois, escumas, industria do frío, extintores | • Cloro irritante • CFC destrución da capa de ozono |
| metais pesados: Pb, Cd, Hg, Ni... perigosos e bioacumulativos. | Solos de rochas tipo serpentinita | Minaría, industria química, gasolinas | Acumúlanse nas cadeas tróficas. Alteracións xenéticas e metabólicas |

Contaminantes secundarios: Orixínanse a partir de precursores (contaminantes primarios) mediante reaccións químicas que teñen lugar na atmosfera, polo que non son emitidos directamente polos focos emisores. Son os responsables do **smog fotoquímico** e da **choiva ácida**. Son:

| contaminante secundario | precursores | efectos |
|--|--|--|
| Ozono (O ₃): gas azulado, protector na estratosfera, contaminante na troposfera. | NO _x + luz (ciclo fotolítico), de día en cidades con tráfico intenso | smog fotoquímico: afeccións respiratorias cutáneas e oculares, altera o crecemento vexetal |
| ácidos sulfúrico e nítrico | Óxidos de xofre e nitróxeno, (uso de carbón e petróleo en centrais térmicas, industria, transporte, calefacción) | choiva ácida: efectos sobre a vexetación, solo, monumentos e lagos. |

1.2. Dinámica dos contaminantes na atmosfera.- Dispersión

1º paso: os contaminantes son emitidos á atmosfera, sendo o nivel de emisión a cantidade de contaminante vertida polos focos emisores nun tempo determinado.

2º paso: a evolución dos contaminantes continúa e prodúcese o seu transporte, difusión, mestura ou acumulación, procesos dependentes da capacidade dispersante da atmosfera. Definimos como nivel de inmisión ao límite máximo tolerable dun contaminante na atmosfera, que dependerá da emisión e da capacidade dispersante do aire (mecanismos sumidoiro).

3º paso: segundo o mecanismo de transporte, os contaminantes poden seguir distintas rutas:

- ✓ Sedimentan de volta á superficie terrestre, como depósito húmido arrastrados pola choiva ou neve (choiva ácida), ou en forma de aerosois por gravidade (depósito seco)
- ✓ Poden ascender ata capas altas da atmosfera, chegando á estratosfera, como os CFC, cinzas volcánicas ou gases emitidos por avións.
- ✓ Outros contaminantes acadan zonas moi afastadas do foco emisor (contaminación transfronteiriza, como a choiva ácida xerada en Inglaterra que destrúe bosques en Escandinavia).

Dispersión.- Os factores que inflúen na dispersión ou diminución da presenza de contaminantes na atmosfera son, sobre todo: características das emisións, condicións atmosféricas e características xeográficas e topográficas (relevo).

– Entre as características das emisións, destacamos:

- ✓ natureza do contaminante
- ✓ cantidade emitida
- ✓ propiedades físico-químicas
- ✓ modo de emisión

Así, a temperatura alta, a velocidade e a altura do foco emisor favorecen o ascenso e dispersión. O ritmo de emisión tamén inflúe sendo frecuente que os contaminantes se acumulen nas cidades durante o día (tráfico, calefacción) e diminúan pola noite.

– Condicións atmosféricas:

- ✓ as situacións anticiclónicas de estabilidade dificultan a dispersión, favorecendo a concentración de contaminantes e aumentando a inmisión,
- ✓ as borrascas contribúen á dispersión da contaminación por convección.
- ✓ as inversións térmicas asociados a néboas tamén atrapan a contaminación.
- ✓ os ventos arrastran e trasladan os contaminantes cara outras zonas, sobre todo os intensos. As turbulencias, en cambio, acumulan a contaminación.
- ✓ as precipitacións producen un efecto de lavado da atmosfera arrastrando a contaminación ao solo.
- ✓ a insolación, a luz e a alta temperatura favorecen as reaccións químicas e a formación de contaminantes secundarios como o ozono (smog fotoquímico).

– Condiciones xeográficas e topográficas: inflúen na acumulación ou dispersión. Así hai zonas nas que se favorece a concentración da contaminación como:

- ✓ en cidades costeiras próximas a montañas (Los Ángeles, Bilbao, Atenas), a brisa mariña non pode arrastrar os contaminantes fóra da cidade ao impedirlo o sistema montañoso.
- ✓ cidades en fondos de val (Santiago de Chile, Milán, México), nos que se orixina con frecuencia unha inversión térmica que impide o movemento das masas de aire.

– Outros factores que inflúen son:

- ✓ a vexetación que favorece a dispersión ao actuar como sumidoiro
- ✓ as grandes urbes, que constitúen “illas de calor”, onde sube a temperatura á vez que se atrapan os gases contaminantes.



1.3. Impactos producidos pola contaminación atmosférica

Son os efectos ou consecuencias negativas sobre os ecosistemas, saúde humana e materiais. Poden ser a curto ou a longo prazo e dependen de moitos factores como tipo de contaminante, tempo de exposición e sensibilidade do receptor. Distinguimos impactos locais, rexionais e globais.

1.3.1. Contaminación local: Illas térmicas e smog (núcleos urbanos e industriais)

- *Illas térmicas* ou *de calor*: véxase o apartado sobre a contaminación térmica.
- *Smog* ou *néboa contaminante*: palabra inglesa derivada de *smoke* (fume) e *fogg* (néboa). Refírese a masas de aire contaminado con visibilidade reducida orixinadas en zonas urbanas e industriais, como consecuencia do uso de combustibles fósiles, e agravada por condicións de estabilidade atmosférica (anticiclóns e inversións térmicas). Distínguense dous tipos de smog:

- ✓ smog clásico, húmido ou sulfuroso: néboa tóxica que se produce por combustión de carbón (motores, calefaccións), e orixinada por *partículas sólidas* (fumes, cinzas) e SO_2 . Coñecida en Inglaterra dende a Revolución Industrial, onde se lle chama "puré de chicharos", pola súa cor pardo-grisácea. En 1952 causou a morte a 4.000 persoas en Londres.

Máis frecuente no inverno, provoca graves alteracións respiratorias como asma e bronquite, así como corrosión na vexetación.

Combátese utilizando "combustibles máis limpos" como gasolina sen chumbo e carbón máis puro, así como limitando a circulación nas cidades.

Aínda que é o tipo de smog que máis diminuíu ao reducirse o uso de carbón e instalarse filtros, segue a provocar problemas en moitas zonas do mundo.

- ✓ smog fotoquímico: néboa tóxica de contaminantes secundarios, como ozono (O_3) e outros compostos, formados pola acción da luz solar sobre precursores (óxidos de nitróxeno e hidrocarburos, procedentes de vehículos de motor por combustión a alta temperatura, maior nos motores Diésel).

A formación de ozono a partir de NO_x ou ciclo fotolítico, necesita luz. Por tanto, este smog prodúcese en grandes cidades, durante o día e en situacións atmosféricas de estabilidade ou anticiclónicas. Convén recordar que o ozono exerce un importante papel protector na alta atmosfera (ozono estratosférico que filtra a radiación uv), pero o ozono troposférico é prexudicial.

Trátase dun gas azulado, con elevado poder oxidante que altera a vexetación e produce danos na saúde, afectando ás vías respiratorias, pel e ollos. Tamén altera o caucho (pneumáticos dos coches), e outros materiais.

Este smog foi observado por primeira vez en Los Ángeles en 1944 e cada vez é máis frecuente en cidades con intenso tráfico e industria, sobre todo no verán, en zonas de baixa dispersión como cidades costeiras próximas a montañas (Bilbao, Los Ángeles, Atenas) ou en fondos de val (México, Milán, Santiago de Chile).

Actualmente é o tipo de smog máis estendido e relaciónase co aumento de moitas enfermidades respiratorias graves.

Vese ao lonxe como unha néboa vermella e recibe nomes locais (nube café, boina). Combátese con severas restricións ao uso do petróleo no tráfico urbano e limitando as emisións industriais.

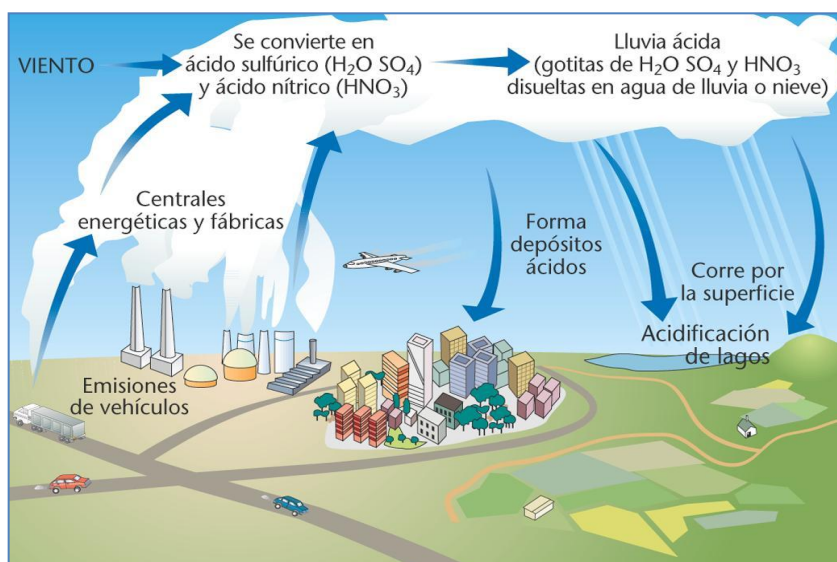


1.3.2 *Contaminación rexional*: afecta a amplas zonas, mesmo afastadas do foco emisor. Destacamos:

✓ *Precipitación ou deposición ácida*: fenómeno producido ao retornar á superficie os *óxidos de xofre e nitróxeno* emitidos á atmosfera durante a queima de combustibles fósiles como carbón ou petróleo. O retorno prodúcese:

- Como deposición seca, en forma de aerosois (gotiñas) que caen por gravidade preto dos focos emisores.
- Como deposición húmida ou choiva ácida, con $\text{pH} < 5,6$ (valor normal), fórmase ao incorporarse ácidos (sulfúrico SO_4H_2 e nítrico NO_3H) á auga da atmosfera.

Estes ácidos son *contaminantes secundarios*, orixinados a partir de precursores respectivos (SO_2 e NO_2) que proceden da queima de combustibles fósiles como carbón, petróleo e derivados (gasolina, fueloil). Os óxidos reaccionan na atmosfera e forman os ácidos que se incorporan á auga da nube, onde permanecen varios días e son transportados polos ventos dominantes ata retornar á superficie como choiva, néboa ou neve, ás veces en lugares moi lonxe dos focos emisores (contaminación transfronteiriza).



Fontes: As fontes de choiva ácida son un 10% de orixe natural (gases volcánicos) e 90% de orixe antrópica (uso de combustibles fósiles en *centrais térmicas*, industria, motores e calefaccións).

Efectos ou consecuencias: A precipitación ácida cae ao terreo afectando á vexetación, solo, medios acuáticos e edificios. É unha contaminación transfronteiriza porque afecta a rexións moi afastadas dos focos emisores, aínda que tamén ten efectos locais, sendo os países escandinavos os máis afectados de Europa, porque os ventos dominantes do **S.O.** transportan cara eles gran parte da contaminación europea (sobre todo a inglesa). Tamén en Centroeuropa e Canadá.

- ✓ Efectos na vexetación: ten un efecto directo destruindo raíces e follas (defoliador) de árbores como piñeiros, abetos e froiteiros, e impedir a xerminación de sementes. Así mesmo, fainos máis vulnerables a pragas de insectos e fungos. É a causa principal da destrución de bosques escandinavos, canadenses e centroeuropeos (30% da Selva Negra)
- ✓ Efectos sobre o solo: acidifica o solo que perde fertilidade e provoca a morte de organismos descompoñedores como bacterias e fungos. O efecto sobre o solo repercute de forma indirecta sobre a vexetación e todo o ecosistema.
- ✓ Efectos sobre medios acuáticos: produce acidez en augas doces, especialmente lagos, xa que renovan lentamente a auga, provocando a morte de peixes e outros organismos. En Suecia, afecta a máis de 18.000 lagos dos cales 2.500 están mortos, con falsa sensación de vida porque as augas están transparentes.
A choiva ácida non afecta aos ecosistemas mariños porque a abundancia de ións Ca e Mg no mar neutralizan a súa acción.
- ✓ Deterioro do patrimonio artístico-cultural: altera monumentos, en especial de calcaria e mármore, porque os ácidos reaccionan co carbonato cálcico destruíndoo (*mal da pedra*) e tamén corroe metais (estatuas de bronce).

Situación en España: a Península Ibérica está afectada por choiva ácida, sobre todo no referente a bosques (7% da masa forestal), solos e monumentos. Hai poucos datos sobre ríos e lagos.

Os principais focos emisores son a Central Térmica de As Pontes, Meirama (ambas en Galicia) e Andorra (Teruel). Estas tres centrais térmicas utilizaron lignito, carbón moi contaminante extraído in situ. Actualmente impórtase outro tipo de carbón de maior pureza, a hulla, dende USA e Indonesia, porque as minas galegas se esgotaron. A queima de hulla en lugar de lignito reduce as emisións produtoras de choiva ácida.

Estímase que España emitiu 3.250.000 Tm/ano de SO₂, gas precursor de choiva ácida, durante varias décadas, afectando sobre todo a Castellón, Tarragona, Teruel e Galicia. Os datos actuais deben ser menores.

Solucións: En 1983 entrou en vigor o *Convenio de Nacións Unidas sobre Contaminación Transfronteiriza de gran alcance*, que propón limitar as emisións da choiva ácida, reducindo o uso deste tipo de combustibles (carbón e petróleo) e substituílos por outros menos contaminantes como gas natural, que se ben emite gases invernadoiro como CO₂, non produce choiva ácida ao non desprender óxidos de xofre e nitróxeno.

1.3.3 Contaminación global: Producen impactos a escala planetaria. Son a destrución da capa de ozono, o aumento do efecto invernadoiro, e como consecuencia deste último, o cambio climático.

- ✓ *Destrucción da capa de ozono:* na estratosfera, entre 15-30 km de altitude, atópase a capa de ozono (O₃) que filtra grande parte da radiación ultravioleta solar, prexudicial para a biosfera, na medida en que provoca mutacións nos xenes.

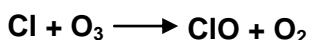
A partir de 1940 comezaronse a utilizar uns gases artificiais moi estables e aparentemente inocuos, chamados **CFC** (clorofluorocarbonos) en procesos industriais e domésticos, como pulverizadores en sprais (aerosois), escumas sintéticas, refrixerantes, disolventes e aparatos de aire acondicionado. Similares son os halóns, utilizados en extintores.

Na década dos 80 os profesores Rowland e Molina (Premios Nobel de Química en 1995) descubriron os efectos nocivos destes gases, xa que destrúen a capa de ozono da estratosfera. O proceso é o seguinte:

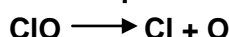
Unha molécula de CFC tarda 8 anos en chegar á estratosfera e permanecer 100 anos. Estas moléculas rompen, por acción da luz, e liberan cloro que destrúe o ozono, ao descompoñelo en $O + O_2$. Cada átomo de cloro pode destruír 10.000 moléculas de ozono. En detalle:

1º paso: liberación de Cl ao romper a molécula de CFC por acción da luz

2º paso: o Cl reacciona co ozono, descompoñéndoo.



3º paso: o Cloro queda libre e pode seguir destruindo máis moléculas



A acción dos gases CFC rompe o equilibrio natural da capa de ozono producindo o seu adelgazamento progresivo e o aumento da nociva radiación ultravioleta na superficie terrestre. Os efectos negativos da radiación uv sobre os seres vivos son:

- **Na saúde:** mutacións no ADN, aumento da incidencia do cancro, sobre todo o melanoma maligno, cataratas e alteracións inmunitarias;

- **Destrucción do fitoplancto**, que é a base das cadeas alimenticias acuáticas, alterando o ecosistema mariño na súa totalidade.

A cantidade de ozono mídese en Unidades Dobson (DU), unha equivale a 0,01 mm de espesor), sendo os valores normais 230–500 DU, aínda que o ozono segue un ciclo natural estacional xa que a súa formación precisa de luz. Por este motivo o seu espesor natural é máximo no ecuador e mínimo nos polos.

A súa diminución, por causas antrópicas, é un fenómeno global que afecta ao todo o planeta, pero de maneira desigual, sendo os polos as zonas máis afectadas, en especial a Antártida e zonas próximas (Nova Zelandia, Australia, Arxentina e Chile) onde se chegou a menos de 90 DB, na primavera austral de 2006. Esta acusada diminución fixo que se acuñase o termo incorrecto de “burato”, pois en realidade trátase dun adelgazamento.

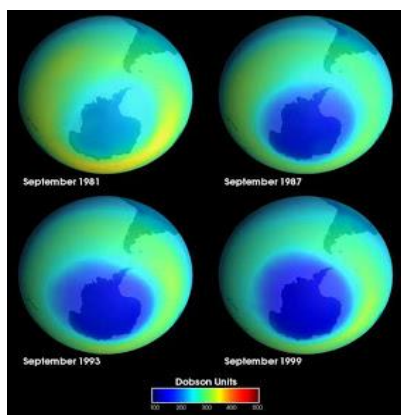
Por que o fenómeno é máis intenso na Antártida?

A capa de ozono é de forma natural máis delgada nas zonas polares que no resto do planeta, porque durante seis meses non se forma, ao non recibir luz solar.

Ademais, o fenómeno é máis intenso no polo sur, polas especiais características da atmosfera antártica, onde a presenza dunha gran masa continental orixina un forte arrefriamento invernal (-85° C en xullo/agosto) que non se acada no polo norte, situado sobre o mar. Nestas condicións extremas e exclusivas fórmase un tipo especial de nubes de xeo estratosféricas (NEP) que potencian a destrución de ozono.

Outro factor exclusivo do polo sur é o vórtice polar, ou illamento da atmosfera antártica rodeada por fortes ventos en turbillón, que impiden o intercambio co aire doutras zonas.

Evolución do “burato de ozono” antártico.



A destrución da capa de ozono é un impacto de orixe unicamente antrópica, e a solución é o abandono dos gases CFC e similares. En 1987, firmouse o Protocolo de Montreal coa finalidade de reducir, e logo prohibir, os gases CFC e outros que destrúen a capa de ozono. Froito deste compromiso, chegouse a crer que o tamaño do “burato de ozono” se estabilizaría en 1996, pero seguiu crescendo ata 2006. A persistencia e estabilidade destes gases fan que a recuperación sexa moi lenta, estimándose para 2050, sempre e cando os gases utilizados como substitutos sexan de todo inofensivos.

Por último, recordaremos que mentres o ozono estratosférico é protector para a vida, o ozono troposférico é un contaminante nocivo (smog fotoquímico).

- ✓ O efecto invernadoiro de orixe antrópica e a súa consecuencia principal o cambio climático actual, foron tratados na unidade correspondente.

1.4. Calidade do aire. Medidas protectoras e correctoras

Para avaliar a calidade do aire realízanse labores de control e vixilancia, que se levan a cabo mediante:

- ✓ redes de vixilancia: estacións a nivel urbano, rexional e mundial;
- ✓ métodos de análise (físicos e químicos);
- ✓ sensores lídar: detectan contaminantes e focos emisores mediante láser;
- ✓ indicadores biolóxicos de contaminación ou *bioindicadores*: son organismos especialmente sensibles a determinados contaminantes que permiten detectar de forma precisa e a baixo custo a presenza de SO₂, gases de cloro e flúor, metais pesados e mesmo elementos radioactivos.

Os bioindicadores serven para determinar contaminación en augas, aire e solos, e os máis empregados en contaminación atmosférica son musgos e **liques**, que chegan a manifestar alteracións morfolóxicas fáciles de observar, en presenza de contaminantes concretos.

Liques como *Usnea* indican atmosfera pouco ou nada contaminada, *Xanthoria* resiste niveis medios, e outros como *Lecanora* soportan maior contaminación. Os liques non prosperan en atmosferas moi contaminada.

Nitrogen-sensitive



Intermediate



Nitrogen-loving



– **Medidas preventivas e correctoras da contaminación atmosférica:**

- ✓ **Preventivas:** encamiñadas a evitar a aparición do problema, como axeitada ordenación territorial que optimice a localización de industrias, para que os seus efectos sobre a poboación e o medio sexan mínimos; estudos de avaliación de impacto ambiental, previos á instalación das actividades e que valoren os seus posibles impactos; uso de tecnoloxías menos contaminantes como enerxías renovables e limpas.
- ✓ **Correctoras:** buscan reducir os efectos da contaminación e favorecer a dispersión. Menos efectivas que as anteriores. Serían: instalar equipos de depuración e filtros, chemineas máis altas (poden trasladar a contaminación a outras zonas), limitar o tráfico, favorecer o transporte público, illamento de edificios para reducir a calefacción, construír de acordo ao clima para aforrar enerxía, etc.

Actualmente hai propostas de capturar o dióxido de carbono da atmosfera e almacenalo en depósitos naturais ou artificiais, pero esta medida xera moita controversia porque pode inducir sismicidade e ademais non atalla o problema de base: a redución de emisións.

2.- Impactos na hidrosfera

Contaminación da auga: É a incorporación á auga de materias estrañas, tales como microorganismos, substancias químicas ou formas de enerxía que alteran a súa calidade e función ecolóxica, resultando inútil para os usos pretendidos.

2.1. Fontes de contaminación da auga. Segundo a súa orixe, a contaminación pode ser:

- **Natural**, incorporación de gases atmosféricos ou de substancias arrastradas pola chuvia, como minerais, pole, follas, excrementos. Soe ser eliminada pola propia autodepuración da auga.
- **Antrópica:** causada por actividades humanas. Segundo a procedencia do foco emisor, temos:

-augas residuais urbanas: alto contido de microorganismos fecais (coliformes), materia orgánica e substancias de uso doméstico como lixivias ou deterxentes.

-augas de uso agrícola e gandeiro: ricas en pesticidas e fertilizantes, e as de uso gandeiro en bacterias fecais. Gran poder contaminación de augas subterráneas.

-augas de orixe industrial: gran variedade de contaminantes como metais pesados, deterxentes, aceites, petróleo, suba da temperatura, radioactividade. As de maior impacto son as petroquímicas, papeleiras, enerxéticas, siderúrxicas, mineiras, téxtiles e alimenticias.

-Outras fontes antrópicas son: vertedoiros de residuos, accidentes de petroleiros

– Segundo o **modo**, a contaminación pode ser:

- **difusa**, non localizada en focos concretos, típica da contaminación natural,
- **puntual**, a partir de focos localizados.

2.2. Tipos de contaminantes: biolóxicos, físicos e químicos.

Contaminantes biolóxicos:

| | | |
|--|---|--|
| <p>Virus, bacterias, protozoos e outros parasitos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Auga residual urbana, agrícola e gandeira. • Plantas de tratamento | <p><i>Enfermidades víricas</i> (hepatite, poliomielite), <i>bacterianas</i> (tifo, cólera, gastroenterite), <i>amebianas</i> (disentería), micoses e parasitoses</p> |
|--|---|--|

Contaminantes físicos:

| Tipos | Procedencia | Efectos |
|---|---|---|
| • Temperatura (aumento ou diminución) | • uso da auga como refrixerante (enerxéticas) • en turbinas de encoros | • o aumento da temperatura reduce o osíxeno disolto • alteración de ciclos vitais de organismos (troita, salmón) |
| • Radioactividade | • centrais nucleares • residuos radioactivos | • graves perturbacións biolóxicas (mutacións, cancro..) |
| • Sólidos en suspensión (lamas, areas, ...) | • natural: temporais, erosión do solo • antrópica: vertidos, augas residuais | • modifica propiedades físicas (cor, olor, sabor, turbidez) • altera funcións biolóxicas (respiración, mobilidade) |

Contaminantes químicos:

| Tipos (por composición) | Procedencia | Efectos |
|---|---|---|
| Materia orgánica: proteínas, graxas, petróleo, pesticidas (bioacumulativos) | • vertidos agrícolas, domésticos e industriais • abonos • mareas negras | • diminúe O ₂ disolto na auga • altera propiedades da auga (potabilidade, olor, sabor, cor) • alteracións tróficas e metabólicas |
| Inorgánicos: • ácidos, álcalis, sales • nitratos, nitritos e fosfatos • Metais pesados: Hg, Cr, Pb | • intrusión mariña • arrastre fertilizantes • deterxentes • vertidos industriais | • acidificación lagos • eutrofización augas (N, P) • efectos na saúde (nitritos e metais pesados son tóxicos e bioacumulativos) |
| Gases procedentes da fermentación: SH ₂ , CH ₄ , NH ₃ | • augas residuais • vertedoiros | • altera propiedades (cor, olor, sabor, potabilidade) /venenosos. |

– **Segundo o seu metabolismo**, os contaminantes químicos da auga poden ser:

- Degradables (materia orgánica, ácidos, nitratos...) substancias que se poden descompoñer de forma natural mediante procesos químicos ou bacterianos propios da auga (autodepuración).

- Bioacumulativos (metais pesados, pesticidas, dioxinas) non poden degradarse nin eliminarse polo que se acumulan nas cadeas tróficas, producindo alteracións especialmente graves nos consumidores finais, incluído o ser humano. Así, o mercurio (Hg) vertido ao mar pasa á cadea alimentaria mariña acumulándose nos depredadores finais como golfiños, peixe espada e atún; os pesticidas utilizados en agricultura para combater pragas acumúlanse en carnívoros (lobos, aves rapaces...)

2.3. Factores de contaminación: parámetros que aumentan ou diminúen a contaminación da auga. Son:

- características do medio receptor: as augas subterráneas son máis difíciles de contaminar pero tamén máis difíciles de tratar;
- cantidade e tipo de contaminante;
- capacidade de dispersión, relacionada co dinamismo das augas.

Así as augas correntes como ríos son menos vulnerables que lagos, con menor capacidade de autodepuración.

A **capacidade de autodepuración** da auga é maior en augas correntes que estancadas e defínese como o conxunto de procesos físicos, químicos e biolóxicos que de forma natural destrúen a contaminación da auga. A actividade depuradora biolóxica ou biodegradación é realizada polos microorganismos da auga.

2.4. Impactos da contaminación das augas

2.4.1.- Contaminación de ríos e lagos: Eutrofización.

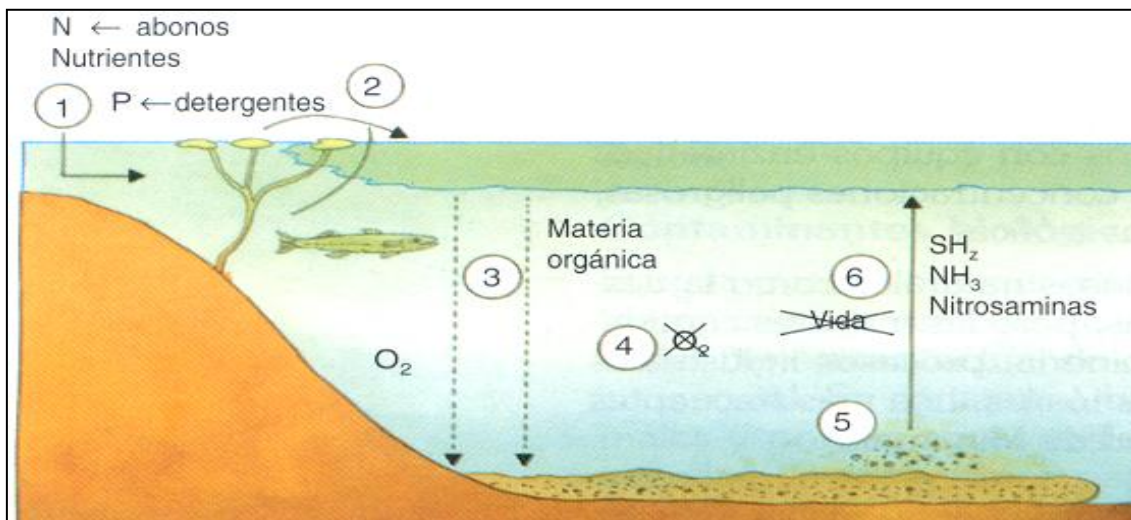
Eutrofización é o exceso de nutrientes na auga (sobre todo N e P), que provoca un crecemento incontrolado de fitoplancto que trae consecuencias negativas para a auga e a vida acuática. É un proceso complexo que afecta fundamentalmente a lagos, por posuír menor dinamismo que os ríos. Podemos diferenciar tres fases:

a) Gran achega de nutrientes, especialmente nitróxeno e fósforo, (o P é o principal factor limitante dos ecosistemas pola súa escaseza na natureza). As achegas proceden de abonos e fertilizantes agrícolas, industrias agropecuarias, deterxentes con fosfatos e residuos alimenticios.

b) Proliferación de organismos fotosintéticos en superficie ou crecemento explosivo de fitoplancto (microalgas), que volve turbias e verdozas as augas do lago, diminuindo a zona fótica (luz), coa morte masiva destes organismos, que se acumulan no fondo en gran cantidade.

c) Degradación da materia orgánica do fondo: primeiro actúan **bacterias aerobias** que oxidan a materia orgánica e **esgotan o osíxeno da auga**, producindo anoxia (sen O_2), e despois **bacterias anaerobias** que fermentan a materia orgánica, desprendendo gases como SH_2 , CH_4 e NH_3 , fedorentos e perigosos para a saúde, ao formar nitrosaminas con efectos cancerixenos. A anoxia ou falta de osíxeno empobrece a vida acuática ao morrer por asfixia peixes e outros organismos.

A eutrofización tamén afecta a encoros, esteiros e mares pechados e pode ser de orixe natural como resultado do envellecemento dos lagos, sendo nestes casos un proceso moi lento, que se desenvolve en miles de anos.



En resumo:

| | |
|------------------|--|
| Causas | Exceso de nitróxeno e fósforo (fertilizantes, deterxentes) |
| Efectos | Estéticos (augas turbias, verdozas e fedorentas) Falta de O_2 : anoxia / Gran sedimentación no fondo |
| Problemas | Altera caracteres organolépticos e potabilidade da auga. Diminúe a vida acuática . Alteración saúde e perda de valor recreativo |
| Solucións | Reducir achega nutrientes (N, P): reducir abonos químicos e deterxentes con fosfato |

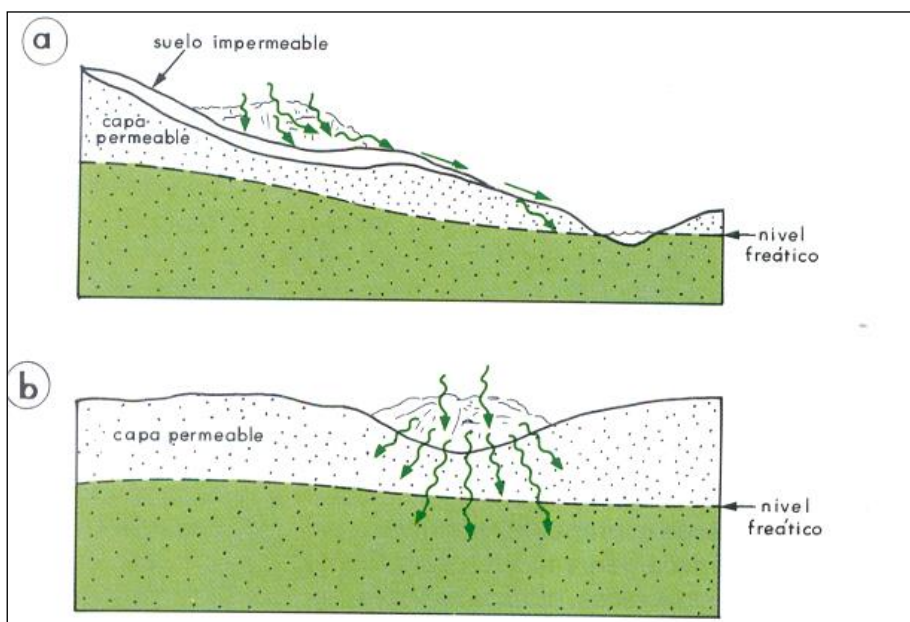
– A *acidificación* de lagos e ríos, producida por choiva ácida, é un impacto de procedencia atmosférica. As consecuencias son similares, diminución da vida acuática e perda da calidade da auga, pero as augas acidificadas conservan a transparencia.

2.4.2.- Contaminación das augas subterráneas.- As augas subterráneas ou acuíferos constitúen un grande recurso de auga doce continental, pero vense seriamente afectados por tres problemas, moi relacionados entre si: sobreexplotación, contaminación e salinización.

| a) Sobreexplotación de acuíferos: | b) Contaminación de acuíferos por: |
|---|--|
| <p>É a extracción de auga dos pozos subterráneos en cantidade superior ás achegas recibidas. A auga extraída emprégase sobre todo para regadío. En épocas de escaseza prodúcese o <u>esgotamento dos acuíferos</u>: baixa o nivel freático secando pozos, redúcese o caudal dos ríos que alimentan e desaparecen humedais (lago Aral Tablas Daimiel). Afecta a moitas zonas (USA, India, China) sendo peor en acuíferos sen recarga actual (Israel, Norte de África).</p> | <ul style="list-style-type: none"> • <u>Puntual</u>: vertedoiros de residuos sólidos urbanos; foxas sépticas, balsas de residuos industriais ou mineiros, entulleiras. • <u>Difusa</u>: auga fecal espaxada polo solo; actividades agrícolas e gandeiras (zurros, pesticidas fertilizantes); Os contaminantes chegan ao subsolo por filtración directa ou arrastrados pola choiva. Exemplo: vertido de residuos da mina Aznalcóllar en Doñana en 1998. |

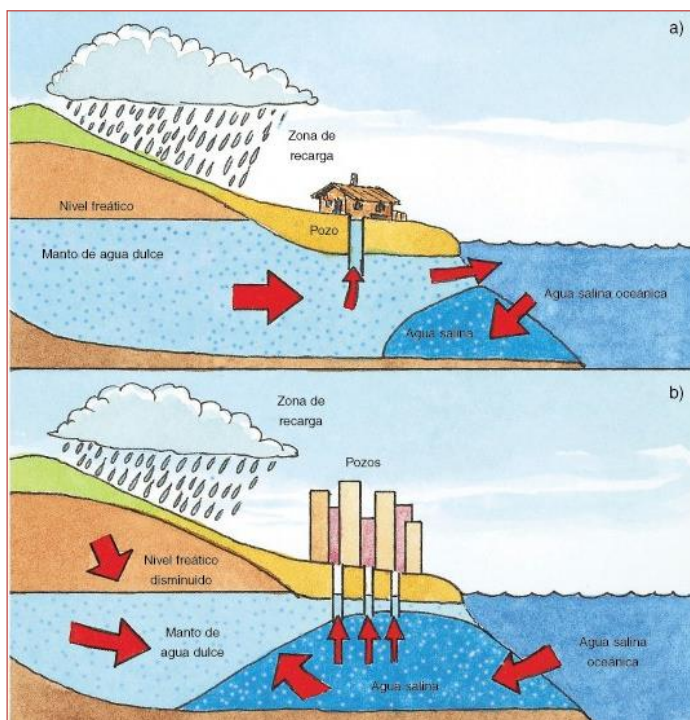
Calcúlase que grande parte dos pozos galegos, dos que se dependen 800.000 persoas, están contaminados por bacterias fecais e residuos agrícolas e gandeiros.

Contaminación de acuíferos por un vertedoiro: **a) por escorrentía**, **b) por infiltración**



c) Salinización de acuíferos ou intrusión salina.- Fenómeno moi relacionado coa sobreexplotación da auga subterránea. Prodúcese en **acuíferos sobreexplotados de zonas costeiras**: o nivel freático descende e son invadidos pola auga do mar próximo, coa conseguinte salinización da auga doce subterránea, que deixaría de ser apta para a bebida (non potable) e outros usos (agricultura).

En España afecta en especial a acuíferos da costa mediterránea e Canarias, por sobreexplotación para regadío, sendo máis grave en Almería e Canarias orientais.



-Diferenzas entre a contaminación de augas superficiais e subterráneas:

| Auga superficial | Auga subterránea |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • máis doado de contaminar • máis doado de detectar e protexer • autodepuración rápida (sobre todo ríos) • depuración artificial máis sinxela | <ul style="list-style-type: none"> • máis difícil de contaminar • máis difícil de detectar e protexer • autodepuración moi lenta • tratamento artificial moi difícil |

2.4.3.- Contaminación da auga mariña: a pesar de que océanos e mares posúen unha elevada capacidade de autodepuración ao dispoñer dun grande volume de auga, nos últimos anos están expostos a numerosos impactos ao abusar deles como vertedoiros: "vértese ao mar e no mar". As fontes de contaminación mariña soen ser:

- Ríos contaminados con metais pesados, pesticidas, deterxentes.
- Vertidos residuais domésticos e industriais
- Arrastre de fertilizantes ou plaguicidas
- Plásticos flotantes (perigo para a fauna)
- Descargas de petróleo (accidentes u outras causas)
- Residuos perigosos e radioactivos (bidóns na foxa atlántica).



Un dos mares máis contaminado é o Mediterráneo, mar pechado que tarda 200 anos en renovarse, que recibe máis dun millón de toneladas de residuos ao ano.

Ao non poder analizar todos os casos de contaminación mariña, nos centraremos en:

a.- Contaminación crónica, menos espectacular e visible, pero continua. Pode ser:

– Contaminación bacteriana na costa: as verteduras de augas residuais domésticas favorecen o crecemento de microorganismos fecais, poñendo en perigo as zonas de baño e a riqueza marisqueira e pesqueira. A carencia de depuradoras nas cidades costeiras agrava o problema.

– Contaminación química por vertidos industriais máis o arrastre de pesticidas e fertilizantes, prexudica a riqueza de ecosistemas moi produtivos como marismas e rías. En Galicia podemos citar a celulosa de Pontevedra que verte mercurio á ría.

b.- Contaminación puntual: ocasional, xeralmente debida a accidentes marítimos. Neste apartado centraremos nas mareas negras.

Mareas negras.- Son descargas de hidrocarburos ao medio mariño por diferentes causas como accidentes de petroleiros, rotura de oleodutos, explosións en plataformas petrolíferas ou en refinerías, transvases ou limpeza de tanques.

Calcúlase que cada ano se verten ao mar de 3-4 millóns de Tm de hidrocarburos (20% procede de accidentes). A Península Ibérica, e en particular Galicia, punto crítico do tráfico marítimo mundial, é especialmente vulnerable.

Accidentes famosos: Exxon Valdez (1989) en Alasca, Erika (1999) en Francia, Prestige (2002) en Galicia. Na táboa resumimos os ocorridos nos últimos anos:

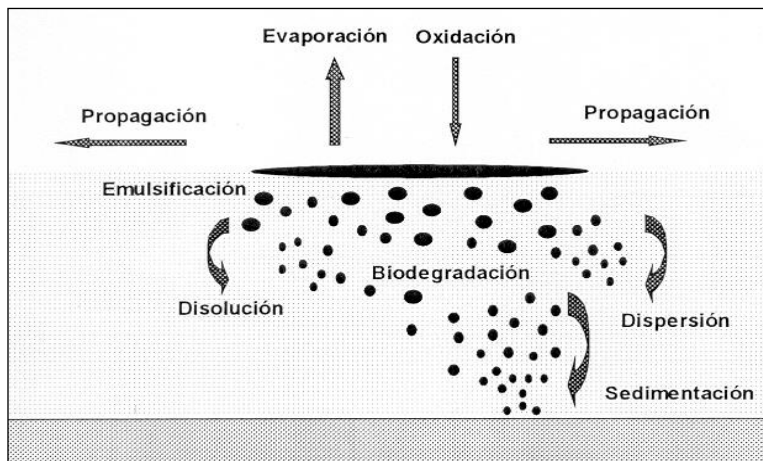
| Data | Barco | Bandeira | Carga (Tm) | Lugar do accidente |
|-----------|--------------|----------|--------------------|--------------------|
| Maio 1970 | Polycomander | Noruega | Petróleo (50 000) | Illas Cíes |
| Maio 1976 | Urquiola | España | Petróleo(100 000) | Coruña |
| Dec. 1987 | Casón | Panamá | Tóxicos variados | Fisterra |
| Dec.1992 | Mar Egeo | Grecia | Petróleo (80 000) | Coruña |
| Nov. 2002 | Prestige | Bahamas | Fueloil (77 000) | Fisterra |

Podemos afirmar que a causa última das mareas negras é o uso de petróleo como recurso, sendo a súa aplicación principal como fonte de enerxía e carburante. A importancia e a versatilidade do petróleo no mundo actual tradúcese nunha serie de impactos ambientais, como:

- Contaminación atmosférica (efecto invernadoiro, choiva ácida, smog)
- Risco de accidentes na extracción, transporte o refinado
- Mareas negras, en moitas ocasións producidas durante o transporte

- *Comportamento dos hidrocarburos no medio mariño:*

Unha vez producido o vertido, o combustible en contacto coa auga, sofre unha serie de procesos como:



Estes procesos dependen do tipo de hidrocarburo, non é igual o petróleo en cru (Exxon Valdez), que permanece na superficie, que o fuel (Prestige). O fuel é un derivado viscoso do petróleo rico en compostos de alto peso molecular e hidrocarburos aromáticos, que son moi tóxicos.

No fuel, os procesos de biodegradación e evaporación, que facilitan a eliminación natural, son máis lentos, polo que o vertido será máis **persistente** e difícil de retirar, ao aumentar a sedimentación no fondo e a emulsión coa auga mariña.

Polo tanto, un vertido como o do Prestige, presenta maior toxicidade (hidrocarburos aromáticos) e persistencia, agravando as consecuencias das mareas negras.

Consecuencias das mareas negras.

1.- Consecuencias ecolóxicas: O impacto nos ecosistemas mariños e costeiros dura décadas, producindo efectos a curto, medio e longo prazo, que podemos resumir nunha drástica perda de biodiversidade e produtividade do medio mariño. Son:

- Efectos fóticos: o vertido diminúe a entrada de luz no mar, reducindo a fotosíntese e alterando as cadeas tróficas mariñas.

- Efectos tóxicos por inxestión:

Os hidrocarburos son substancias tóxicas con efectos letais ao ser inxeridos. A toxicidade aumenta se contén hidrocarburos aromáticos, substancias con poder bioacumulativo que producen enfermidades dexenerativas e malformacións.

- A intoxicación directa afecta a todos os organismos sendo os máis sensibles os moluscos filtradores, así como os organismos do bentos ou fixos.

- Entre os vertebrados o grupo máis vulnerable é o das aves mariñas, que morren por impregnación e inxestión, as plumas perden capacidade illante e as aves non poden flotar nin voar e perden calor, morrendo por hipotermia. Todo elo combinado coa inxestión ao intentar limpase, produce efectos fatais.

- Os hidrocarburos provocan tamén a morte de mamíferos mariños como golfinhos e arroaces afectados por impregnación e inxestión, así como de peixes e tartarugas.

- Alteración de importantes funcións biolóxicas:

- O hidrocarburo en superficie dificulta o aporte de osíxeno diminuíndo a cantidade de osíxeno disolto, vital para todos os seres vivos

- Impide a fixación e desenvolvemento de organismos que viven fixos ás rochas (mexillón, percebe) e sobre os fondos areosos (bivalvos)

- Diminúe a fertilidade e o desenvolvemento de ovos e larvas

- Provoca cambios no comportamento e alteración dos movementos migratorios de moitos animais que desaparecerán da zona afectada (peixes, crustáceos)

- Perda de patrimonio natural: maior se afecta a espazos protexidos, enclaves de interese ambiental, a miúdo formados por ecosistemas fráxiles de alta biodiversidade, con especies de flora e fauna únicas.

En ocasións, estes espazos resultan danados tamén por labores de limpeza irrespectuosas: apertura indiscriminada de pistas, maquinaria pesada, destrución de dunas, colocación de balsas en areas e marismas, abandono de material, etc.

2.- Consecuencias económicas e sociais

Os principais sectores afectados polas mareas negras son pesca, marisqueo e turismo. Os impactos ecolóxicos tradúcense nunha perda de riqueza mariña que afecta á pesca e marisqueo, así como nunha perda de valor recreativo e paisaxístico que repercute no sector turístico.

3.- Riscos para a saúde

Os hidrocarburos son tóxicos para as persoas, especialmente se conteñen hidrocarburos aromáticos e metais pesados, destacando polo seu potencial nocivo os hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), catalogados como posibles canceríxenos, a causa do seu poder bioacumulativo.

Os PAH son persistentes no medio ao ser moi estables, permanecendo moito tempo en solos, sedimentos e auga. Son pouco solubles en auga, polo que se almacenan nos tecidos graxos do organismo, danando a saúde polos seus efectos mutaxénicos ao alterar o material xenético.

Tres son as vías de exposición a estes compostos: respiratoria, dérmica e dixestiva.

Durante as labores de limpeza, as vías de penetración no organismo son a respiratoria e dérmica (inhalación e contacto coa pel) con peores efectos se a exposición é prolongada.

A terceira vía de contacto, a dixestiva, pode evitarse extremando a precaución e vixilancia para impedir que cheguen ao mercado produtos contaminados.

–Tratamento das mareas negras: Medidas preventivas e correctoras:

O tratamento das mareas negras é lento e difícil, polo que o mellor é a adopción de medidas preventivas a nivel internacional que eviten estes desastres. Destacamos:

- ✓ medidas lexislativas (control do tráfico marítimo con restricións ao transporte de mercadorías perigosas, barcos con dobre casco obrigatorio, afastamento das rutas da costa, responsabilidade ilimitada para o que contamina),
- ✓ maior dotación de medios de seguridade e loita contra a contaminación (barreiras, buques succionadores, remolcadores potentes....).
- ✓ a prevención máis eficaz, difícil a curto prazo, é conseguir outro modelo enerxético que deixe de utilizar os combustibles fósiles como principal fonte de enerxía e potencie o uso de enerxías renovables e limpas.

Tras o accidente, débense aplicar medidas para corrixir o impacto, que ata agora demostraron ser pouco eficaces. Son:

- ✓ En primeiro lugar evitar as verteduras (transvasamentos) e impedir que a marea negra chegue á costa (buques succionadores, barreiras ou outro sistema para retirar a vertedura do mar).
- ✓ Se a marea chega á costa, debe procederse á súa limpeza e rexeneración de xeito respectuoso co medio. A limpeza pode ser manual ou mecánica, pero hai que evitar o uso masivo de maquinaria pesada, o abusar das hidrolimpadoras, e non utilizar disolventes químicos ou deterxentes (que melloran o impacto visual, pero son nocivos).
- ✓ Biorremediación: son novas técnicas correctoras de contaminación que consisten en acelerar os procesos naturais de degradación do petróleo (ou doutros contaminantes) mediante microorganismos (bacterias "comedoras de petróleo"). Pódense utilizar bacterias de laboratorio ou mellor, polo menor impacto, bacterias autóctonas, ás que se estimula engadindo fertilizantes ao fuel (nitróxeno, fósforo e ferro) para facelo máis "apetitoso".

Estas técnicas, usadas en Alasca e Galicia, son útiles para descontaminar zonas inaccesibles ou fuel enterrado, pero non se deben usar a gran escala polos seus impactos, non valen para os fondos mariños nin substitúen a limpeza do primeiro momento. En calquera caso, os **labores de recuperación e rexeneración** deben realizarse de forma rigorosa e coordinada, sen descoidar a poboación afectada, traballadores implicados, axudas económicas, plans de compensación, etc

2.4.4.- Mareas vermellas (purga do mar):

Fenómeno estacional, denominado “floración tóxica de algas”, que se produce de forma natural no mar en outono e finais de verán, pero que ultimamente está potenciado pola contaminación, polo que agora é máis frecuente e duradeiro. É típico das Rías Galegas e doutras rexións mornas do mundo (Xapón, Chile, Canadá, etc).

Consiste na proliferación de certas microalgas do fitoplancto (especialmente dinoflaxelados como *Dinophysis*, *Gymnodinium*, *Protogonyaulax*) presentes de forma habitual no mar, pero con crecemento explosivo a finais de verán, cando se producen afloramentos de augas profundas e frías da ría cargadas de nutrientes, ao desaparecer a termoclina e ter lugar a mestura de augas.

Calquera proceso natural ou antrópico que achegue nutrientes ás rías pode inducir este fenómeno (arrastre de fertilizantes, arrastre de cinzas de montes incendiados).

O problema aparece porque determinadas microalgas, como as citadas, producen moléculas tóxicas (fitotoxicidade) que pasan á fauna mariña, especialmente aos moluscos filtradores, con consecuencias para a saúde humana por consumo de marisco afectado, sendo os principais transmisores bivalvos como mexillóns, berberechos, ameixas, vieiras. As toxinas son de tres tipos:

- ✓ diarreica ou DSP,
- ✓ amnésica ou ASP, provocada por *Gymnodinium* (de recente presenza en Galicia, probablemente introducida en lastre de barcos),
- ✓ parálise respiratoria ou PSP, a máis grave, pois pode producir a morte.

A constante vixilancia e análise das augas, así como a prohibición de venda e consumo de moluscos afectados é a forma de evitar estes riscos.

O nome de *marea vermella* procede da cor que a miúdo adquire o mar durante este fenómeno, xa que moitas destas algas teñen pigmentos avermellados, pero non sempre é así polo que agora prefírese falar de *floración de algas tóxicas*.

As mareas vermellas coñécense en Galicia dende antigo, e así o testemuña un refrán popular: “*Dende San Bartolomeu a San Simón, non probes o mexillón*” (24 de Agosto–28 de outubro).

2.5. - Calidade da auga.

A calidade da auga defínese en función do uso ao que vai ser destinada (bebida, regadío, baño, industria). Para determinala utilízanse parámetros ou índices que miden o grao de alteración da auga, establecendo a lexislación o nivel máximo de cada un en función do uso da auga. Os parámetros que miden a calidade son:

- Parámetros físicos: carácteres organolépticos ou propiedades da auga que se poden apreciar cos sentidos (cor, olor, sabor),
 - ✓ turbidez ou falta de transparencia, depende das partículas flotantes
 - ✓ condutividade que depende dos sales disoltos,
 - ✓ temperatura
 - ✓ radioactividade (máxima 100 picocurios/litro).
- Parámetros químicos: máis útiles. Destacamos:
 - ✓ pH ou medida da acidez
 - ✓ dureza ou contido en calcio; as augas poden ser brandas (<50 mg/l), e duras (>200 mg/l). A elevada dureza favorece os cálculos renais.
 - ✓ cloruros, sulfatos, e outros sales.
 - ✓ non están permitidos compostos procedentes de verteduras contaminantes como nitritos, nitratos, amonio, fosfatos.

- ✓ **DBO (demanda biolóxica de osíxeno):** parámetro que mide a contaminación orgánica da auga e se define como a cantidade de osíxeno consumido polos microorganismos da auga para descompoñer a materia orgánica contaminante. A maior DBO maior contaminación orgánica e menor cantidade de osíxeno disolto dispoñible. O valor máis usado é DBO₅ (osíxeno consumido en 5 días a 20º C).
- ✓ **DQO (demanda química de osíxeno):** representa o osíxeno disolto que se gasta en oxidar a materia orgánica mediante procesos químicos. A relación entre DBO₅ / DQO varía segundo o tipo de vertidos.
- ✓ **COT,** mide o Carbono orgánico total

• Parámetros biolóxicos

- ✓ Cantidade de microorganismos patóxenos presentes na auga, como bacterias, virus, protozoos. Algúns son inocuos para a saúde aínda que alteren cor e sabor, pero outros producen enfermidades infecciosas, gastroenterite, disenterías, tifo, febres tifoideas, cólera, hepatite e poliomielite. Os principais microbios patóxenos da auga son bacterias coliformes e estreptococos fecais, procedentes de augas residuais domésticas, pozos negros, zurros, granxas ou matadoiros.
- ✓ Bioindicadores ou Indicadores biolóxicos de contaminación: son organismos moi sensibles aos cambios químicos polo que a variación das súas poboacións permiten deducir o grao de contaminación da auga e outros medios (aire, solo). Constitúen un método eficaz e pouco custoso que serve para determinar a contaminación ao longo dun tempo determinado. Os máis efectivos son macroinvertebrados: larvas de insectos e vermes:

Son indicadores de augas limpas as larvas "perla", cangrexos de río; de contaminación media, larvas "frigáneas", paramecios e de augas moi contaminadas as larvas "colas de rata" e vermes tubifex.

- Índices compostos: valores numéricos, como o índice de calidade xeral da auga.

| Índice ou Grao de Contaminación | | Tipo de medio acuático | contaminantes mg/l | | bacterias |
|---------------------------------|---------------|------------------------|--------------------|------------------|------------------|
| | | | Nutrientes (N, P) | DBO ₅ | nº coliformes/l |
| 1-3 | nula ou baixa | Oligosaprobio | 1-2 | 5-10 | 20-50.000 |
| 3-5 | moderada | Mesosaprobio α | 2-10 | 10-40 | 50.000-100.000 |
| 5-7 | forte | Mesosaprobio β | 10-20 | 40-75 | 100.000-1000.000 |
| >7 | moi forte | Polisaprobio | >20 | >75 | > 1.000.000 |

2.6. Sistemas de tratamento e depuración da auga:

Forman parte do que poderíamos considerar o ciclo de utilización da auga. Temos:

2.6.1. Potabilización ou tratamento da auga para consumo humano: conxunto de procesos que transforman a auga natural en auga potable, ou apta para o consumo. É un tratamento previo ao seu uso e ten lugar nas **ETAP** (estación potabilizadora). Consta de:



a. *Captación*: de choiva, neve, ríos, lagos ou encoros (nos ríos augas arriba da poboación, en zonas aireadas de lagos), subterráneas, e mariñas (en último caso, polo seu custo). A captura de auga non debe alterar o caudal ecolóxico do río ou caudal mínimo para garantir a supervivencia do sistema ecolóxico.

b. *Tratamento global*: son procesos físicos para eliminar partículas en suspensión (decantación, filtración, tamizado), e químicos (coagulación e floculación, nos que se engade sales para formar agregados de partículas que acaban precipitando).

c. *Tratamento especial: desinfección ou eliminación de microorganismos patóxenos*. De varias formas:

- ✓ cloración, o cloro ten grande poder oxidante e xermicida e é barato pero engade sabor e cor desagradables
- ✓ desinfección mixta con ozono, é máis custoso e eficaz, pero como é pouco estable e desaparece en 30 minutos, hai que mesturalo con cloro.
- ✓ A pequena escala realízase a desinfección física utilizando radiación u-v

Por último, filtros de carbón activo eliminan microcontaminantes, sabores e olores,

2.6.2.- Potabilización de augas mariñas ou desalación: Caso particular de potabilización, útil en zonas costeiras áridas como Canarias, Levante, Murcia ou Almería, xa que é moi caro. Trátase de desalgar a auga de mar para volvela potable e apta para a bebida. Hai varios sistemas, pero destaca a ósmoste inversa: a auga mariña circula a través dunha membrana a presión que retén os sales, obtendo auga desalgada potable máis unha solución salina, que se recolle e non debe ser vertida ao mar porque alteraría os ecosistemas litorais.

2.6.3.- Depuración das augas residuais: serie de procedementos que permiten devolver augas residuais ou contaminadas ao medio en condicións o máis parecidas posible ao seu estado natural. **Non se debe confundir con potabilización**. Son:

a. Depuración natural ou branda:

Baséase en reproducir o proceso natural de autodepuración da auga que destrúe a contaminación, en especial en augas dinámicas como ríos e mares. Consiste nun conxunto de procesos físicos, químicos e biolóxicos de degradación da materia orgánica, por acción bacteriana, á vez que sedimentan no fondo as partículas flotantes para recuperar a transparencia. Finaliza coa eliminación da materia orgánica estraña, recuperándose o osíxeno disolto e o equilibrio natural.

O proceso de autodepuración consta de tres fases:

- 1º.- Degradación da auga tras unha vertedura, alterando o medio acuático,
- 2º.- Descomposición da materia orgánica estraña por acción bacteriana (biodegradación), este proceso consume osíxeno polo que aumenta a DBO.
- 3º.- Recuperación, ao desaparecer a materia orgánica estraña e as partículas flotantes por sedimentación, recupérase o osíxeno disolto, baixa a DBO, a auga vólvese clara, limpa, con fauna e flora abundantes. Baixan os indicadores biolóxicos de alta contaminación.

Como tratamento, so vale para pequenas cantidades de auga e con carga contaminante orgánica, sendo dous os sistemas utilizados: *lagoaxe e filtro verde*.

- ✓ *Lagoaxe*: a auga residual introdúcese en balsas, dilúese e permanece meses ata que se devolve ao medio, tras concluír a autodepuración. As balsas poden ser aerobias (extensas e pouco profundas), anaerobias (menores pero profundas), e mixtas, que combinan ambos procesos.
- ✓ *Filtro verde*: utiliza vexetación, plantas como *Tiphas* ou árbores de crecemento rápido (chopos) que absorben augas residuais pouco contaminadas ao ser vertidas sobre as plantacións.

b) Depuración tecnolóxica ou dura:

Métodos máis custosos e rápidos, que poden tratar maior cantidade de auga e que se realizan en estacións depuratoras (EDAR).

O funcionamento é variable, depende do estado da auga, do uso posterior e dos investimentos tecnolóxicos. As augas procedentes de industrias, hospitais ou laboratorios necesitan tratamentos previos especiais.

As EDAR, ademais de depurar a auga, producen residuos sólidos e gases, que deben de ser tratados aparte, por iso presentan sistemas de tratamento de auga, lama e gases.

1.- *Liña de auga*: percorrido da auga residual dende a súa chegada á estación, pasando por diferentes tratamentos, ata o seu vertido ao receptor (medio natural). Consta de:

- ✓ **Pretratamento:** "*eliminación das partículas máis grosas*" (plásticos, pelos, areas, graxas) mediante cribado ou desbaste, desareado e desengraxado.
- ✓ **Tratamento primario (decantación):** "*eliminación de sólidos flotantes finos*", non retidos no pretratamento, mediante procesos físicos e químicos como decantación, floculación e neutralización ou axuste de pH. Realízase en tanques ou decantadores primarios, e produce residuos sólidos ou lamas primarias que se recollen e requiren un tratamento propio posterior.
- ✓ **Tratamento secundario:** "*elimina a materia orgánica biodegradable mediante procesos biolóxicos*". Os sistema máis usados son: *lodos activos*, onde bacterias propias xunto as engadidas para axilizar o proceso, oxidan a materia orgánica en tanques de aireación; e *leitos bacterianos*, filtros porosos cunha fina película de microorganismos descompoñedores nos ocos (biofilm), polos que se fai pasar a auga residual a modo de choiva.

Os restos sólidos obtidos tras o tratamento forman un residuo mesturado con material biolóxico, as lamas secundarias (biosólidos), que xunto as primarias deben ser retiradas para tratalas aparte.

- ✓ **Tratamento terciario:** so nas EDAR máis avanzadas e permite reutilizar a auga depurada. Consiste en eliminar os contaminantes máis difíciles como virus, metais pesados, nitritos e fosfatos, mediante métodos complexos e custosos (centrifugación, osmose inversa, electrodiálise).

Unha vez depuradas, as augas devólvense ao medio (lago, río, mar) e se foron sometidas a tratamento terciario poden ser reutilizadas no rego de rúas e xardíns, extinción de incendios, na industria, pero non para a bebida porque non son potables.

2.- *Liña de lamas, fangos ou biosólidos:*

Os sólidos retirados nos tratamentos primario e secundario pasan á *liña de lamas* onde se espesan e estabilizan en tanques dixestores por fermentación bacteriana que desprende gases (metano e dióxido de carbono). Posteriormente seguirán o mesmo destino que calquera residuo sólido: vertedoiros controlados, incineración ou reutilización, tras someterse a tratamentos complementarios, como desinfección, e así poder usarse en xardinería, obtención de compost para abono, material de construción "ecobrik", rexeneración de canteiras ou minas...

3.- *Liña de gas*: recolle os gases obtidos nos dixestores de fangos por fermentación orgánica. Estes gases son metano e dióxido de carbono, e a súa mestura chámase *biogás*, o cal utilízase como combustible e pode abastecer de enerxía á propia estación depuradora ou incluso exportala.



En vivendas unifamiliares está moi estendido un sistema sinxelo de depuración, a **foxa séptica** (pozo negro), que se debe instalar de forma segura e axeitada para non contaminar o medio: debe impermeabilizarse para evitar filtracións ao solo, e debe ser controlada e limpada periodicamente, con protección porque xera gases velenosos, a inhalación dos cales pode producir a morte.

