



Climántica
Clima
Home
Cambio

Proxecto de Educación Ambiental CAMBIO CLIMÁTICO

Unidade Didáctica **2**

SE QUEIMAMOS QUENTAMOS

Capítulo 5. Outras consecuencias ambientais dos combustibles fósiles

ISBN 978-84-453-4801-7



5. OUTRAS CONSECUENCIAS AMBIENTAIS DOS COMBUSTIBLES FÓSILES

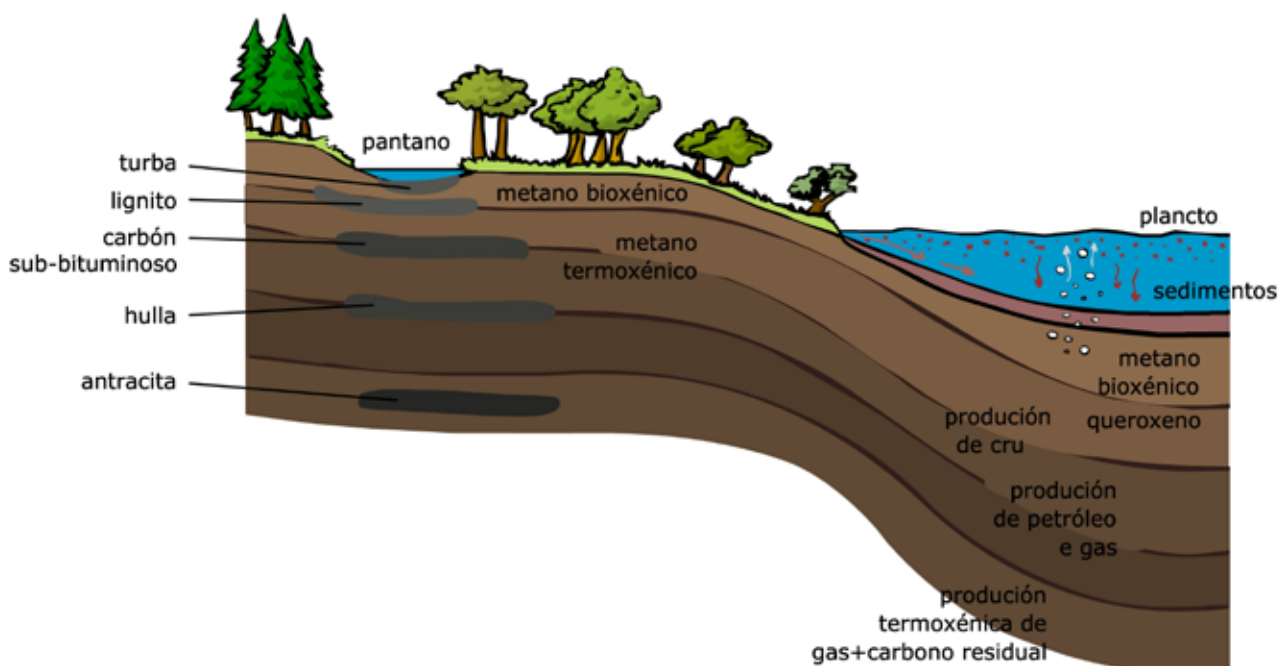
Responde co que sabes agora:

- Por que se di que o carbón e o petróleo son recursos non renovables?
- Cales son as accións contaminantes no transporte e transformación do carbón e petróleo?
- Que entendes por choiva ácida e smog e cales son as súas consecuencias?

Carbón e petróleo, combustibles fósiles non renovables

Os combustibles fósiles entran dentro da clasificación dos recursos non renovables. Aínda que no interior da Terra os procesos que deron lugar á formación de carbón, petróleo ou gas continúan na actualidade, o tempo necesario para que eses recursos se transformen en materiais susceptibles de ser explotados, contabilízase en millóns de anos. Para que nos fagamos unha idea, o carbón máis moderno que estamos a explotar na nosa comunidade procede das conchas terciarias (As Pontes e Meirama, principalmente) que reflicten unha idade de arredor dos 22 millóns de anos. Non obstante, na comunidade veciña, Asturias, as minas de carbón extraen o mineral procedente dos depósitos da idade carbonífera (hai uns 300 millóns de anos).

O nome de “combustibles fósiles” fai referencia a que son o resultado da evolución dos residuos de materia orgánica de diferente orixe (animal ou vexetal). Esta materia orgánica está presente nas rochas sedimentarias en distintas proporcións. Os principais combustibles fósiles utilizados son o carbón, o petróleo e o gas natural. Ademais, dentro deste grupo hai que incluír a turba, as lousas bituminosas, as areas asfálticas e os crus pesados. Os procesos polos que esta materia orgánica ten que atravesar ata transformarse en combustible implican perda de auga, redución do contido en osíxeno e nitróxeno e enriquecemento en carbono e hidróxeno.



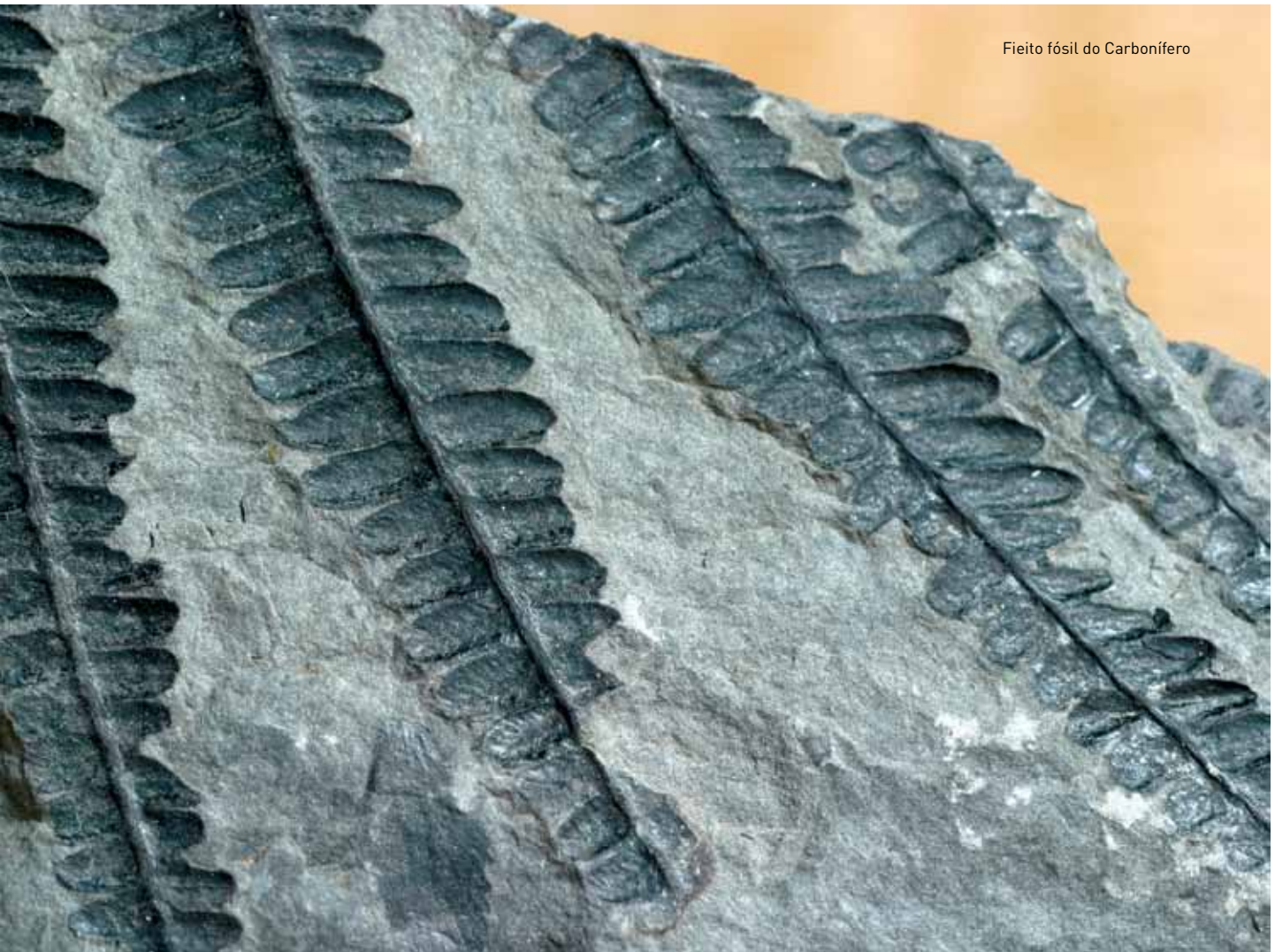


Para entendermos estas consecuencias e a súa natureza non renovable, debemos coñecer ben as circunstancias da súa orixe e formación.

- Se o carbón e o petróleo se forman a partir de restos de organismos vivos, por que se di que son non renovables?
- En que épocas xeolóxicas se formaron o carbón e o petróleo?
- En que se parecen e en que se diferencian?

O carbón: orixe e formación

Do mesmo xeito que as rochas están formadas por distintos compoñentes, o carbón consiste nunha mestura de compoñentes orgánicos –denominados macerais– e inorgánicos (fases minerais), que proceden da acumulación nas concas sedimentarias dos restos vexetais e da materia mineral. Este combustible fósil, a diferenza do petróleo, amosa evidencias inequívocas da súa procedencia orgánica. En moitos casos é posible observar restos de follas, esporas, etc., que mediante estudos paleobotánicos nos poden aproximar ás especies vexetais das que proceden.



Fieito fósil do Carbonífero

A maior parte da materia orgánica que chega ao solo non se conserva, senón que rapidamente é descomposta nas primeiras etapas do enterramento. Na conca onde se depositan estes restos vexetais téñense que dar unha serie de condicionantes que favorezan a preservación e posterior evolución dos mesmos. Estas zonas de acumulación correspóndense con áreas pantanosas de augas estancadas e pouco oxixenadas. Actualmente poderíamos pensar que as latitudes tropicais serían os puntos de maior concentración destas turbeiras debido ao enorme volume de biomasa, pero non ocorre así, xa que tamén son zonas de alta actividade bacteriana que descompón con rapidez a materia orgánica, e polo tanto, é incompatible co desenvolvemento da turbeira. Os climas fríos de Irlanda, Escandinavia ou Canadá son os mellores aliados na actualidade para a aparición das turbeiras.



Turbeira fósil no Parque Natural de Corrubedo

- Existen turbeiras en Galicia? Onde están localizadas?
- Que efectos pode ter o cambio climático sobre o desenvolvemento destas áreas?

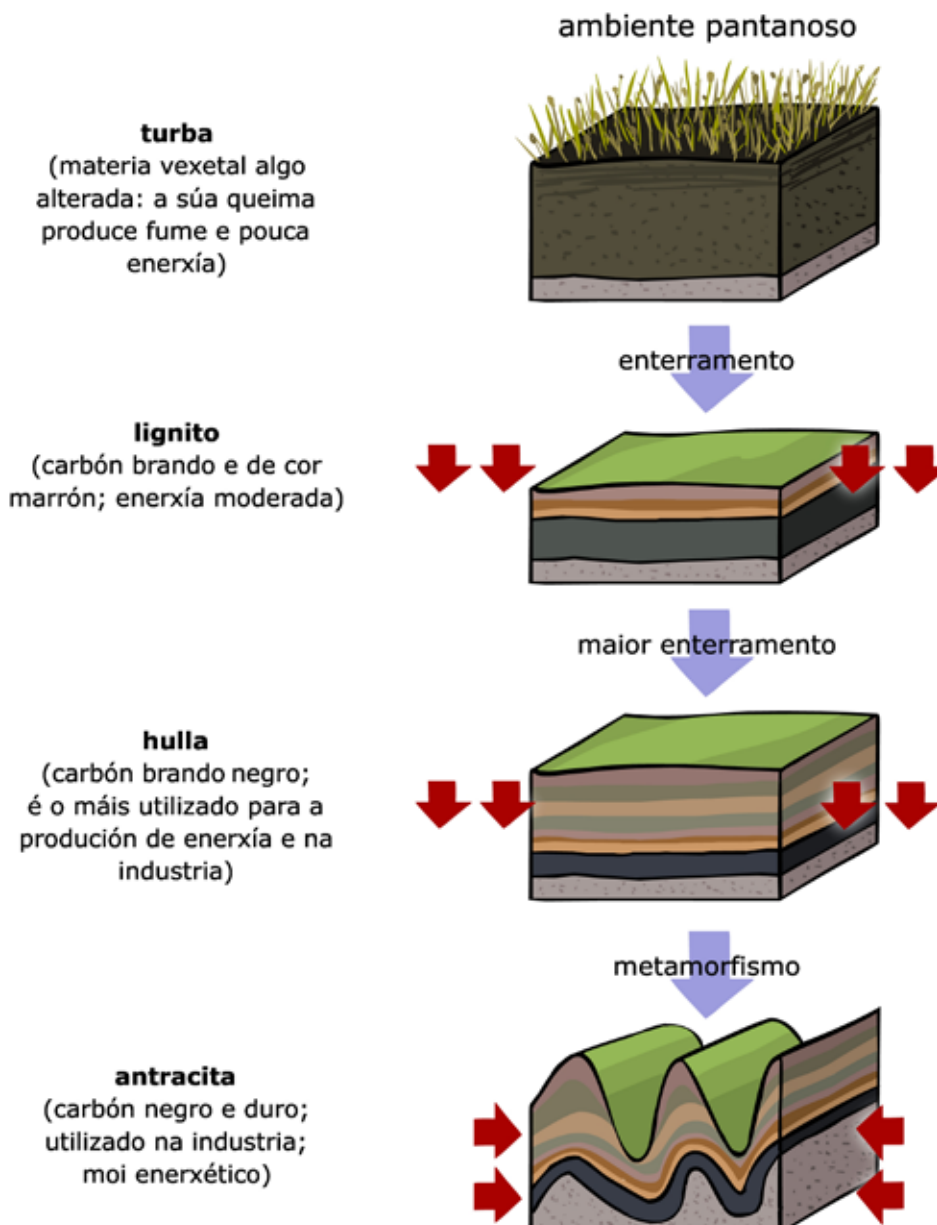




As taxas de crecemento das turbeiras actuais (1 mm ao ano) son similares ás que se deron no pasado, co cal, para chegárense a formar as grandes conchas do carbonífero, debemos pensar en centos de miles de anos de evolución. Pero non só se deposita materia orgánica nestes pantanos, senón que, como podemos comprobar hoxe en día nas explotacións de carbón, as capas deste mineral atópanse intercaladas con estratos de areíscas, conglomerados, etc.

- Cal e a causa de que non haxa carbóns anteriores ao Período Devónico e se concentren principalmente no Carbonífero?

Dentro da concha de depósito a turba experimenta procesos fisicoquímicos e bioquímicos que, xunto co efecto da presión e temperatura, van condicionar a transformación da materia orgánica dando lugar a carbóns con distinto poder calorífico. O rango do carbón vai desde a turba (menor poder calorífico), pasando polo lignito e a hulla, ata a antracita, de maior poder calorífico, maior contido en carbono e importante redución de auga.





Antracita



Hulla



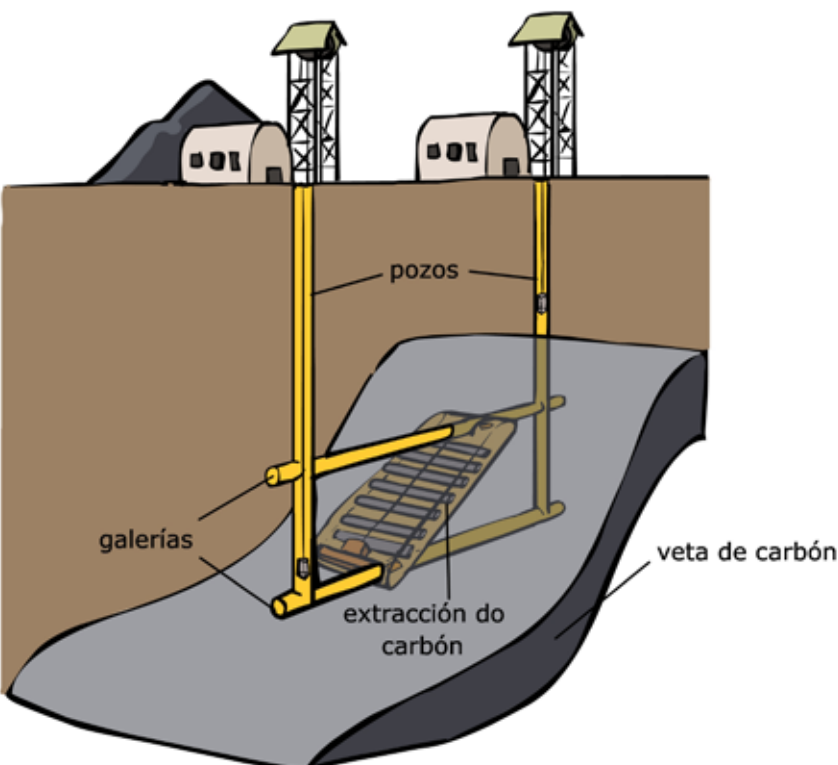
Lignito



Turba

- Que relación existe entre o lignito que se extrae no xacemento das Pontes, a mina do teu lapis de debuxo e o diamante dun anel?

Aproximándonos ao risco de contaminación por extracción do carbón a partir da comprensión dos métodos de extracción do carbón



A minaría do carbón desenvólvese tanto en explotacións de interior como de superficie (minaría a ceo aberto). Nos labores mineiros de interior (como a maioría dos da conca asturiana), o carbón extráese principalmente mediante a utilización de máquinas de corte que descargan o material en fitas transportadoras. Normalmente, o grosor mínimo para que unha capa sexa explotada é duns 60 cm. Este tipo de minaría implicou desde sempre un risco moi grande, debido a desprendementos e explosións nos pozos, e mesmo hoxe en día as cifras de mortes por esta actividade son moi elevadas. Nos últimos anos a minaría do carbón en Ucraína rexistraba uns 300 ou 400 mortos ao ano. No 2000 nunha soa explosión perderon a vida uns 80 mineiros.





- En películas antigas onde se amosan escenas de mineiros traballando pódense observar nas galerías gaiolas con paxaros. A que cres que obedece esta práctica?
- As explosións nas minas, con que gas están asociadas?
- Localiza nun mapa de España as principais concas carboníferas.

Na minaría de carbón a ceo aberto (como ocorre no caso das Pontes na Coruña), o impacto producido pola explotación no medio natural é enorme, xa que a extracción do mineral require a modificación da paisaxe. A explotación por medio de cortas ou terrazas esixe a eliminación da cobertura que cobre os estratos de carbón. Para a extracción deste utilízanse enormes máquinas de escavación como retroescavadoras, bulldozers, etc. Unha vez esgotados os recursos, as paisaxes que deixan tras de si as explotacións a ceo aberto son polo xeral depresións de considerables dimensións e montañas artificiais formadas polos estériles da mina, se ben é certo que actualmente as minas deste tipo contan con plans específicos de restauración das cortas que pretenden integrar o espazo degradado no contorno (rexeneración de antigas entulleiras, recheos das depresións ou mesmo reconversión destas en lagos).



Un problema importante relacionado co contido en xofre do carbón é que pode acidificar as augas. Cando o carbón se pon en contacto coa auga e co aire, ben sexa na propia explotación ou no lugar de almacenamento dos estériles (entulleiras), o sulfuro de ferro oxídase dando lugar a compostos como o ácido sulfúrico (H_2SO_4). A chegada destes vertidos ás augas dos ríos ou aos acuíferos identifícase sen dificultade, pois deixa na área contaminada un manto de cor vermella que vai tinguindo as pedras e a vexetación. O efecto último destes vertidos é a eliminación en grandes zonas da fauna e flora que viven nos arredores do río afectado e a transformación dos solos en estériles.

Aproximándonos ao risco de contaminación do carbón a partir da comprensión do seu tratamento nas centrais térmicas



Central térmica de Meirama

O carbón que se utiliza nas centrais térmicas pasa por un proceso previo de trituración e pulverización tras o cal é introducido nas cámaras para queimar. Os compoñentes orgánicos destrúense durante a combustión, pero os minerais sofren unha transformación dando lugar a residuos, como son as cinzas voantes e as escouras. Estas últimas acumúlanse no fondo da cámara de combustión mentres que as cinzas, que poden ser desprazadas polos

gases xerados na combustión, se recollen nunhas moegas especiais para seren transportadas cara ás zonas de almacenamento. Na composición destas cinzas entran elementos contaminantes como poden ser o Cr, As, S, etc., polo que o control do almacenamento debe ser estrito para evitar a liberación destes elementos ao medio co risco de contaminación das augas subterráneas.



Almacenamento de carbón en centrais térmicas

Debido á gran produción de enerxía eléctrica procedente das centrais térmicas, o volume de residuos producidos neste tipo de instalación é considerable. Por cada tonelada de carbón xérase unha media de entre 80 e 250 kg de residuos, sempre dependendo do tipo de carbón utilizado. China, Rusia e EE UU son, por esta orde, os maiores xeradores de residuos procedentes da industria do carbón.





- Se nunha central térmica se queima unha tonelada de carbón cada día, cantos residuos en forma de cinzas se producirán nun ano?
- Por que cres que se tende a substituír o lignito pola hulla? Cal deles producirá máis cinzas? Farán falta as mesmas cantidades dos dous tipos de carbón para producir a mesma cantidade de enerxía? Xustifica a resposta.
- Que se che ocorre que se pode facer coas cinzas para diminuír a contaminación?

Non obstante, a reutilización destes residuos en diversos ámbitos estase a converter na mellor saída para evitar o almacenamento. Así, o principal destino son os materiais de construción en obras de enxeñaría civil, tanto en forma bruta (materiais de recheo en minaría, construción de camiños) como de forma aglomerada (aditivos en formigón e cemento, na industria cerámica, etc.).

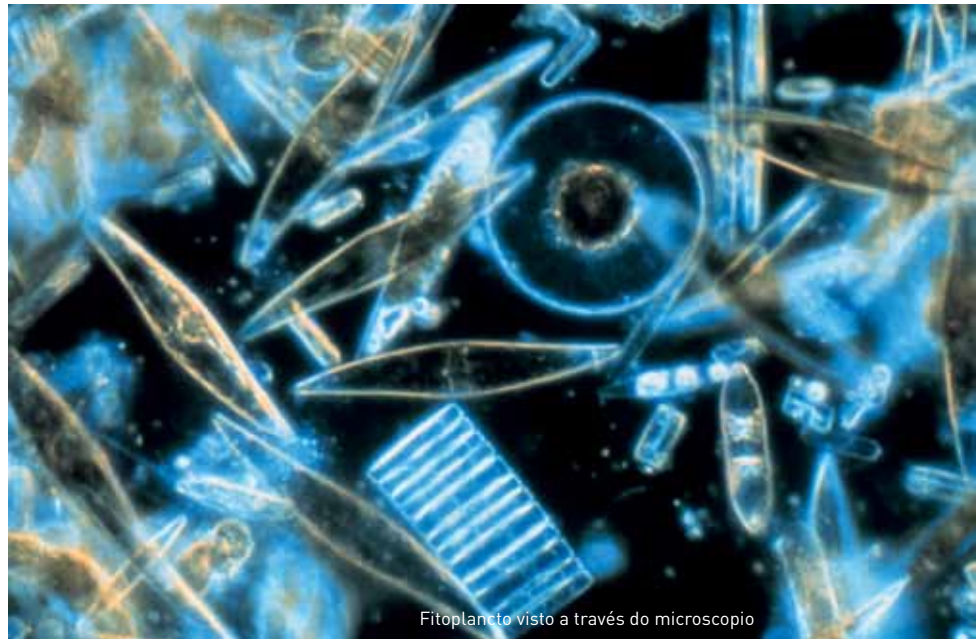
As centrais térmicas son tamén os principais causantes da choiva ácida xa que nestas instalacións se queiman carbóns con contidos significantes de xofre, o que provoca a emisión de importantes cantidades de óxidos deste elemento. O efecto desta choiva ácida deixase notar na acidificación das augas continentais, en danos na vexetación, na deterioración dos monumentos e edificacións, etc., tal e como veremos ao remate deste capítulo.

O petróleo: orixe e formación



A palabra petróleo provén do latín *petra* (rocha) e *oleum* (aceite). Recibiu este nome porque os primeiros que o descubriron observaron que zumegaba das rochas. O petróleo consta de diferentes compostos hidrocarbonados en estado líquido, dunha densidade menor que a da auga. Ademais, xunto co petróleo atópase o gas natural, composto por moléculas de hidrocarburos lixeiros en estado gasoso. Este gas natural é principalmente metano (99%). Outra diferenza entre o petróleo e o gas é que, mentres o primeiro está formado case na súa totalidade por materia orgánica atrapada en sedimentos mariños, o gas natural pode atoparse tanto en rochas mariñas coma terrestres.

A orixe do petróleo está na acumulación dos restos de seres vivos (plancto) que viven flotando nas augas dos océanos ou lagos. Estes organismos aparecen en todos os mares do mundo desde hai máis de 500 millóns de anos, aínda que a súa abundancia aumenta ao longo dos períodos xeolóxicos. Ao caeren ao fondo quedan atrapados nos sedimentos, e tras o paso de millóns de anos dan lugar a rochas de gran moi fino (lutitas). Estas rochas fórmanse baixo condicións ambientais moi determinadas, acumulándose en antigos sistemas lacustres, pantanosos e de mares pouco profundos. Son zonas de alta produtividade de algas e ademais os fondos caracterízanse por ser pouco oxixenados, o que favorece a conservación dos restos.



- Por que é tan difícil retirar o petróleo das rochas cando hai un vertido?
- Cal cres que pode ser a razón de que se usen bacterias para eliminar o petróleo das rochas?

A primeira etapa do proceso de degradación da materia orgánica é a formación de metano pola acción das bacterias. Posteriormente, durante o enterramento da mesma, prodúcese a transformación a un produto intermedio denominado queróxeno, que pode ser de distintos tipos dependendo da materia orgánica orixinal presente nos sedimentos. Así, os denominados queróxenos de tipo I e II darán lugar á xeración de petróleo. Xunto coa presión actúa a temperatura, que alcanza as condicións máis favorables para a produción entre os 70 e os 100 °C. Estas temperaturas pódense alcanzar, dependendo do gradiente xeotérmico, entre os 2 e os 3,5 km de profundidade. Co aumento da temperatura diminúe a produción de petróleo e aumenta a de gas "húmido" (chámase así, xa que xunto co metano entran na composición etano, propano e butano, que poden condensarse con facilidade á fase líquida). A partir dos 150 °C xérase gas seco (composto principalmente de metano), e se o enterramento é máis fondo os residuos poden chegar a converterse en grafito.



Augas termais



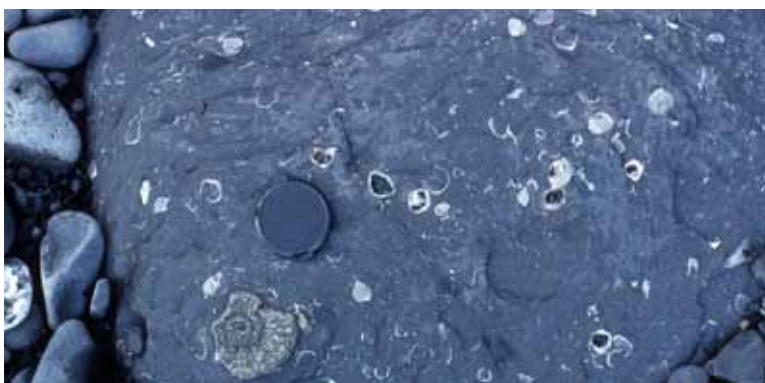
- A que nos referimos co termo gradiente xeotérmico?
É o mesmo para todas as rexións do planeta?
- Que relacións atopas entre o gradiente xeotérmico e as augas termais?
- Investiga sobre a localización das augas termais de Galicia.

Podemos facer, xa que logo, a seguinte reflexión: rochas que conteñen diferentes tipos de materia orgánica, ou de tipo similar pero que pasou por condicións de enterramento distintas, poden xerar volumes moi variables de petróleo. Ademais, os sedimentos de orixe mariña con materia orgánica rica en lípidos producen petróleo e gas húmido baixo as condicións que vimos con anterioridade. Non obstante, baixo esas mesmas condicións, os sedimentos terrestres con materia orgánica rica en celulosa derivan na formación de carbón e gas seco.

Hai máis de 150 millóns de anos, nos fondos pouco oxixenados dos mares do Xurásico de Asturias acumulábanse sedimentos lamacentos mesturados con restos de organismos planctónicos que lograron conservarse nese medio carente de osíxeno. O paso do tempo e a presión exercida polos depósitos sucesivos dos sedimentos lograron transformar a materia orgánica nos hidrocarburos aloxados agora nos poros destas margas e lutitas negras.



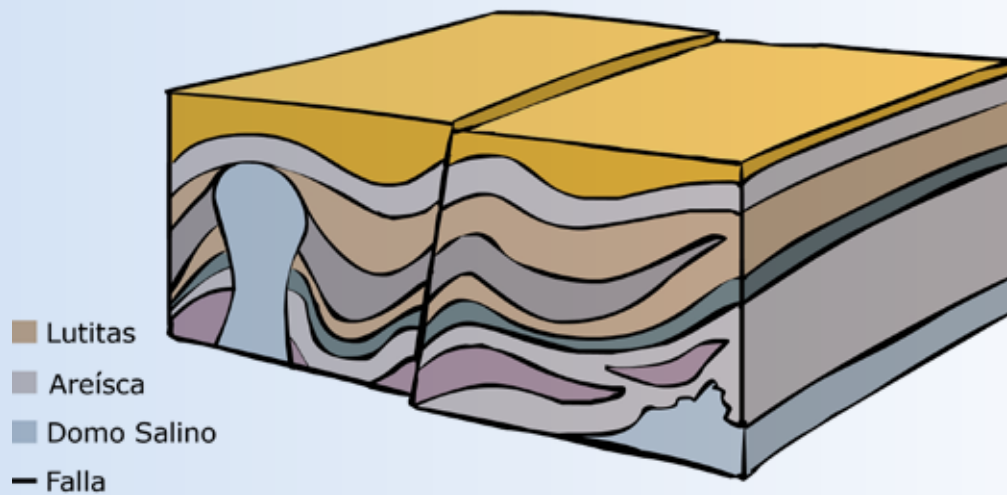
A cantidade de materia orgánica que se atopa soterrada cos sedimentos é moi escasa; representa tan só o 1% da producida. Deste xeito, unha vez formado, o petróleo ten que migrar desde o seu lugar de formación ao que se coñece como “rocha nai” (lutitas e margas, principalmente), a través de formacións rochosas porosas e permeables, como areíscas ou calcarias, ata o lugar de acumulación (“rochas almacén”). O último paso para que a acumulación do hidrocarburo alcance niveis rendibles de explotación é que se formen “trampas”, é dicir, algún obstáculo que o confine e evite unha nova migración. Estas trampas poden ser estruturais (pregamentos, faias) ou estratigráficas (formacións impermeables que cobren e selan as rochas porosas). Moita xente alberga a idea errónea de que o petróleo forma grandes lagos subterráneos. Isto non é certo. O petróleo aparece aloxado nos poros das rochas, sendo as areíscas os mellores almacéns para os hidrocarburos.



As rochas margosas da primeira etapa do Xurásico en Asturias acumulan gran cantidade de fósiles de braquiópodos.

Estes organismos, que habitaban no fondo do mar, foron soterrados vivos polos sedimentos arrastrados por tempestades que azoutaban eses mares hai máis de 150 millóns de anos. O petróleo formado con anterioridade foi capaz de migrar e introducirse dentro dos ocos das cunchas. Deste xeito, se rompemos un destes fósiles vemos que do seu interior zumeiga un líquido negro e espeso que, sen dúbida, é petróleo.

- Señala no debuxo zonas teoricamente susceptibles de albergar distintos xacementos con petróleo e gas.



- Sabendo que nestes xacementos atopamos asociados auga, gas e petróleo, dispostos segundo as súas densidades, serías quen de determinar cal sería esa orde e debuxar sobre o esquema o aspecto destes xacementos?
- Describe brevemente as características dos lugares que elixiches como posibles campos de explotación de hidrocarburos.

Son moitas as rexións do mundo onde se deron as condicións xeolóxicas e climatolóxicas para a formación dos hidrocarburos. Estes procesos concéntranse principalmente en catro etapas da historia xeolóxica do planeta: Devónico, Carbonífero superior, Triásico superior ao Cretácico superior e xa no Terciario, desde o Oligoceno ao Mioceno. As maiores concentracións de petróleo atópanse en rexións con rochas do Xurásico e Cretácico, sendo esta a idade das rochas que almacenan o petróleo da maior provincia produtora do mesmo (árabe-iraní, no Golfo Pérsico). Outros xacementos importantes localízanse en Maracaibo (Venezuela e Colombia), Siberia (Rusia), EE UU e en México.

Na actualidade séguense a descubrir novos xacementos. O desexo do Ártico a consecuencia do cambio climático estase a converter en foco de atención de diversos países desexosos de explorar os leitos mariños na procura de hidrocarburos. En xullo de 2008 os datos publicados polo Servizo Xeolóxico de EE UU apuntaban que o Ártico podería albergar o 25 % das reservas mundiais de petróleo e gas aínda por descubrir.

A contaminación derivada da extracción e tratamento do petróleo

Os principais problemas de contaminación derivados da extracción do petróleo nos campos petroleros mariños son os vertidos ao océano, que se poden producir por fugas durante a perforación ou pola surxencia eruptiva cando se atopa de xeito inesperado acumulacións de hidrocarburos a altas presións. Isto aconteceu en 1979 no Golfo de México, onde parte do petróleo ardeu e outro alcanzou as costas, contaminando as praias do litoral mexicano e estadounidense.





Durante a Guerra do Golfo Pérsico (1990-91) o exército iraquí prendeu lume a máis de 700 pozos en Kuwait, que arderon cerca de seis meses consumindo millóns de bidóns ao día. Ao mesmo tempo tamén se vertían importantes cantidades de cru ao Golfo. A catástrofe ecolóxica derivada destas accións foi de enormes dimensións, provocou a morte de innumerables especies mariñas e devastou o litoral, que tardará entre uns 80 e 100 anos en recuperar a súa biodiversidade.



O transporte por mar dos hidrocarburos desde o seu lugar de extracción ata os destinos de tratamento ou consumo require de medidas estritas de control e protección do medio. Unha das medidas adoptadas é a substitución dos antigos petroleiros de casco único por buques dotados de dobre casco, que engaden unha segunda chapa creando espazo de abondo como para poder reter a carga ante un posible dano na chapa externa en contacto co océano.

- Coa axuda da internet, busca información sobre cal foi o detonante de que se forzase aos países a que constrúen petroleiros con dobre casco. Fai un pequeno informe dos danos ecolóxicos que supuxo o accidente do que estamos a falar.

Coñécense como “marea negra” os vertidos importantes de petróleo no océano, que causan grandes desastres ecolóxicos no medio mariño e nas costas onde se producen. Galicia ten unha longa e macabra historia repleta de accidentes que provocaron importantes danos no seu territorio. Este feito está relacionado con que a fachada atlántica galega soporta un tráfico marítimo moi intenso, xa que por aquí pasan as principais rutas internacionais do comercio do petróleo.

- Fai unha relación das principais mareas negras sufridas na costa galega onde se reflecta a data e lugar do accidente, a cantidade de hidrocarburos vertidos e os lugares costeiros que se viron contaminados. Compara estes datos cos doutras mareas negras que aconteceron no resto do mundo.
- O desastre do Prestige fixo correr ríos de tinta a finais do 2002. Busca nas hemerotecas dixitais dos periódicos e elabora un pequeno relato coa cronoloxía do sucedido.

Nas refinarias, o petróleo é transformado en diferentes produtos, polo que esta industria debe manter unha serie de medidas encamiñadas a paliar e evitar emisións contaminantes á atmosfera, vertidos de residuos e mesmo olores e ruídos. Os tratamentos nestas instalacións pasan pola depuración das augas residuais, a utilización de combustibles con baixo contido en xofre e de aditivos capaces de diminuír a emisión de fumes e partículas.

- Elabora unha lista de produtos derivados do petróleo e analiza os problemas que supón para o medio o seu uso.

A formación de contaminantes na atmosfera debido aos gases emitidos na extracción e tratamento do carbón e petróleo

Nun laboratorio realízanse reaccións químicas, que son procesos nos que se forman substancias novas (produtos) a partir dunhas substancias orixinais (reactivos).

Reactivos ► Produtos

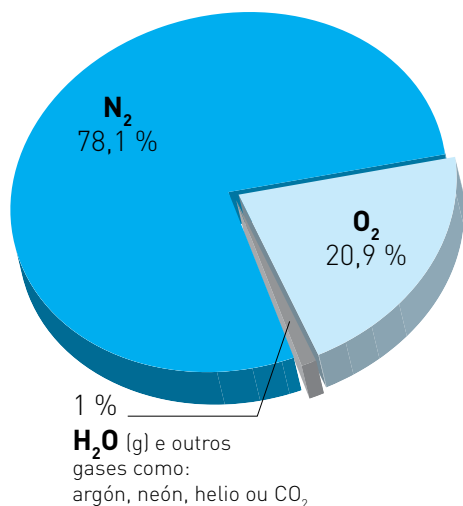
A + B ► C

Imaxina: a atmosfera é como un gran laboratorio onde diferentes substancias que a compoñen, máis outras que o ser humano vai engadindo por diferentes fontes, van mesturándose, reaccionando e dando lugar a diferentes produtos.

Os reactivos no gran laboratorio da atmosfera van ser os propios compoñentes, máis os diferentes focos de contaminantes primarios que darán lugar aos produtos que son os contaminantes secundarios.

Os contaminantes primarios e secundarios darán lugar ao xa coñecido aumento do efecto invernadoiro que xa vimos, pero tamén á choiva ácida ou ao smog fotoquímico.

Os reactivos da atmosfera



Composición da atmosfera.

A atmosfera é un sistema complexo, dinámico e fráxil. Está composta nun 99% por gases de nitróxeno, N₂ (78'1%) e osíxeno, O₂ (20'9%); o 1% restante é vapor de auga, H₂O (g) e outros gases como argón, neón, helio ou CO₂.

Fontes de contaminación. Contaminantes primarios.

Á parte da composición natural da atmosfera, existe contaminación no aire que provén de diferentes fontes da Terra:

Focos naturais: volcáns, incendios forestais e descomposición da materia orgánica no solo e nos océanos.

Focos orixinados polo home: combustión de recursos fósiles para a xeración de calor e enerxía eléctrica, aglomeracións industriais, vehículos con motores de combustión, incineradoras...

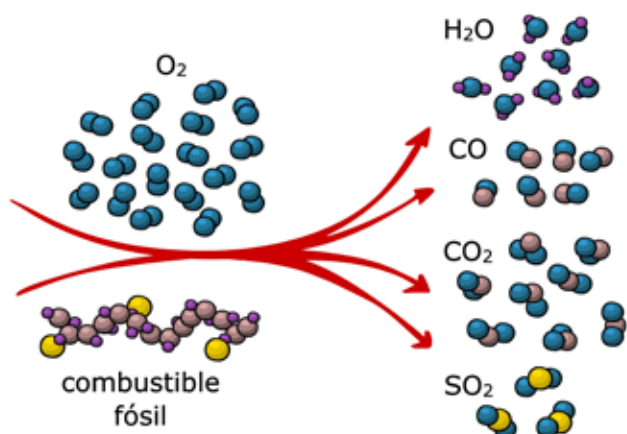




Contaminantes primarios.

Os gases que estes focos achegan a atmosfera son: dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de xofre (SO_x), óxidos de nitróxeno (NO_x), metano (CH_4) e outros hidrocarburos, gases fluorados (HFC, PFC, SF_6).

- Fai un esquema dos focos de contaminación primaria.
- Explica cómo contribúe o uso dos combustibles fósiles ao aumento destes focos.



Formación dos contaminantes primarios.

Centrarémonos na combustión dos recursos fósiles, que é o que nos compete neste tema.

- Os combustibles fósiles conteñen os seguintes elementos:
Hidróxeno H
Carbono C
Xofre S
- Conteñen tamén elementos como:
Nitróxeno N_2
Humidade H_2O
Minerais

Cando queimamos combustibles fósiles emítense os seguintes gases:

- O hidróxeno convértese en vapor de auga, H_2O .
- O carbono convértese en CO_2 e CO (se non hai aire suficiente).
- O xofre convértese en dióxido de xofre, SO_2 .

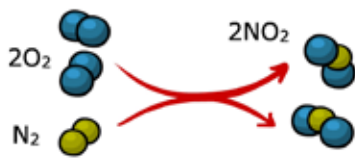
- Representa as reaccións de formación dos contaminantes primarios.
- Investiga en que se diferencian as combustións que producen moito CO_2 das que producen moito CO . Cal dos dous tipos de gas é máis perigoso? Xustifica a resposta.

Os produtos da atmosfera.

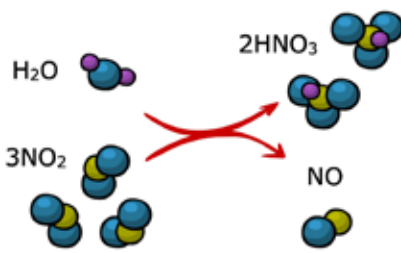
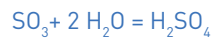
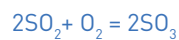
Xa vimos os reactivos da atmosfera; agora veremos como estes gases poden reaccionar entre si e cales son os produtos que obtemos. Veremos tamén qué condicións poden facer que reaccionen doutro xeito, dando outros produtos diferentes, para mais adiante falarmos de qué problemas atmosféricos son protagonistas estes gases.

Coa auga como disolvente, a temperatura de combustión alta ou coa acción da luz solar obteremos contaminantes secundarios.

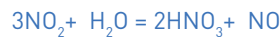
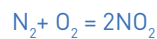
Formación dos contaminantes secundarios.



- O dióxido de xofre (SO_2) disólvese na auga para dar ácido sulfúrico (H_2SO_4), responsable da choiva ácida. Despois falaremos dela.

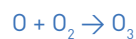


- Se a temperatura de combustión é alta, o nitróxeno que vai no aire combínase con osíxeno para formar gases NO_x . Estes, mesturados con auga, forman ácido nítrico (HNO_3), outro responsable da choiva ácida.



- Pola acción da luz solar sobre os gases de combustión, pódese formar tamén óxido nítrico (N_2O) e ozono (O_3), que son os principais compoñentes do *smog* fotoquímico.

($h\nu$: enerxía fotoeléctrica)



Outras transformacións:

- Os compostos volátiles orgánicos (COV) son líquidos orgánicos non queimados, provenientes de derivados do petróleo (gasolinas), do benceno e outros elementos químicos, que combinados con osíxeno e nitróxeno forman peroxiacetilnitrato (PAN), outro dos compoñentes do *smog*.

- O vapor presente nos combustibles absorbe a calor necesaria para converter o líquido en vapor.

- Calquera mineral xera cinza residual.

Contaminantes secundarios.

*Algúns contaminantes primarios, pola acción da auga, a temperatura ou a luz solar, dan lugar aos contaminantes secundarios, coma o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3), responsables da choiva ácida, ou óxido nítrico (N_2O), ozono (O_3) ou peroxiacetilnitrato (PAN), compoñentes do *smog* fotoquímico.*





● Á vista da táboa, clasifica os contaminantes polo tipo de efectos que producen.

CONTAMINANTES PRIMARIOS			
Nome completo		Procedencia	Efectos
Dióxido de carbono	CO ₂	A queima dos combustibles fósiles (transporte e industria térmica) e de grandes extensións de bosques. Tamén é un compoñente natural da atmosfera.	Toxicidade baixa, depende da concentración. Produce un importante efecto de atrapamento da calor e o chamado efecto invernadoiro. Maior responsable do quecemento global.
Monóxido de carbono	CO	Combustión incompleta de gasolina e gasóleo e nos procesos de combustión. Existe de forma natural na atmosfera na oxidación de metano.	Toxicidade alta, contribúe tamén ao aumento do efecto invernadoiro.
Dióxido de xofre	SO ₂	En conxunto, máis da metade do que chega á atmosfera é emitido por actividades humanas, sobre todo pola combustión de carbón e petróleo e pola metalurxia, transporte... Outra fonte moi importante é a oxidación do H ₂ S. Na natureza é emitido na actividade volcánica.	A súa vida media na atmosfera é curta, duns 2-4 días. Case a metade volve depositarse na superficie, húmido ou seco, e o resto convértese en ións de sulfato [SO ₄ ²⁻]. Por este motivo, como se detalla na sección correspondente, é un importante factor na choiva ácida.
Óxidos de nitróxeno	NO _x	As actividades humanas que os producen son principalmente as combustións realizadas a altas temperaturas. Máis da metade dos gases emitidos neste grupo proceden do transporte.	Choiva ácida, smog fotoquímico, formación de ozono troposférico e destrución da capa de ozono.
Metano	CH ₄	É un contaminante primario que se forma de modo natural en diversas reaccións anaerobias do metabolismo. O gando, as reaccións de putrefacción e a dixestión das térmitas forma metano en grandes cantidades. Tamén se desprende do gas natural, do que é un compoñente maioritario, e nalgunhas combustións. Así mesmo, fórmanse grandes cantidades de metano nos procesos de orixe humana ata constituíren, segundo algúns autores, preto do 50% do emitido á atmosfera.	Considérase que non produce danos na saúde nin nos seres vivos, pero inflúe de forma significativa no efecto invernadoiro e tamén nas reaccións estratosféricas.

CONTAMINANTES SECUNDARIOS			
Nome completo		Contaminante primario de procedencia	Efectos
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	SO ₂	Choiva ácida, deposición seca ou húmida.
Ácido nítrico	HNO ₃	NO _x	Choiva ácida, deposición seca ou húmida.
Trióxido de xofre	SO ₃	SO ₂	Choiva ácida, deposición seca ou húmida.
Ozono troposférico	O ₃	NO _x	É o compoñente máis daniño do smog fotoquímico e causa danos importantes na saúde cando está en concentracións altas, ademais de frear o crecemento das plantas e as árbores.
Nitrato de peroxiacetilo	PAN	NO _x	Inflúe nas reaccións de formación e destrución do ozono, tanto troposférico como estratosférico, así como no fenómeno da choiva ácida. En concentracións altas produce danos na saúde e nas plantas e corroe tecidos e materiais diversos.

A circulación dos gases na atmosfera. Emisión e dispersión

Xa temos visto moitos gases participantes no laboratorio da atmosfera, pero como funciona esa atmosfera para que se consigan todas esas reaccións das que falamos anteriormente?

O proceso neste laboratorio comeza ao depositárense na atmosfera os contaminantes e pode continuar pola permanencia destes no medio gasoso, onde van evolucionar e viaxar en función das propiedades dos compostos e condicións ambientais. Así pois, as emisións dos produtos no laboratorio da atmosfera comezan cando todas as substancias pasan a atmosfera despois de deixar as fontes das que proceden.

Unha vez producida a emisión, os compostos distribúense pola atmosfera segundo un proceso de dispersión que, principalmente, depende de dous tipos de factores:

- Específicos do contaminante: velocidade de saída, temperatura, forma, tamaño, etc.
- Meteorolóxicos: velocidade do vento, gradiente de temperatura do aire, turbulencias atmosféricas.

Como funciona realmente esta dispersión?

A estabilidade da atmosfera depende da temperatura. Unha condición atmosférica estable é aquela na que os movementos verticais tenden a diminuír co tempo. E é inestable cando os movementos verticais se amplifican co tempo.

Os movementos verticais poden ser producidos por efecto do vento e da densidade do aire (que depende da temperatura), entre outros.

Isto fai que durante o día na capa superficial da atmosfera, dependendo do tipo de superficie e da cantidade de enerxía solar, poidan experimentarse turbulencias.

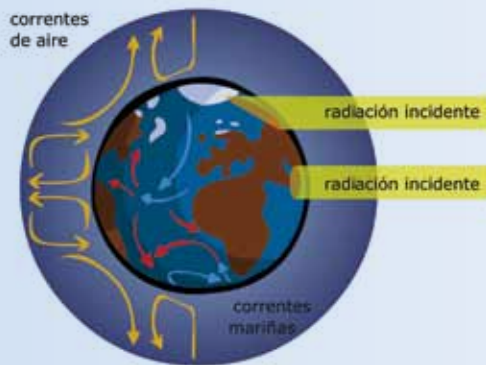


As zonas anticiclónicas aprécianse nas fotos satélites como grandes áreas sen nubes. A nivel local identifícanse moi ben os días despexados nos que o fume non ascende



- Podes facer a comprobación deste efecto nun cazo con auga ao lume.

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA E OCEÁNICA:



O desigual quentamento da superficie terrestre por parte da radiación solar, provoca a formación de correntes de aire na atmosfera e de correntes mariñas nos océanos. Océanos e atmosfera, redistribúen e equilibran as temperaturas na superficie do globo.

A enerxía solar tamén evapora a auga, activando o ciclo da auga.

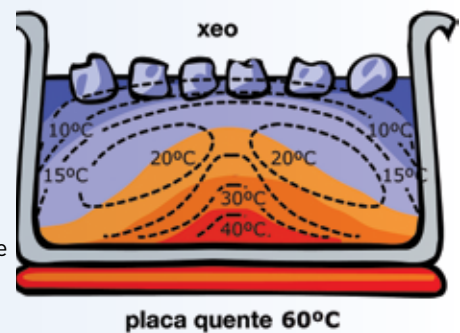
Imos facer unha demostración práctica de que as correntes de auga e aire quentes ascenden, e as frías descenden.

Material que precisamos:

- Cubeta de vidro,
- Cera dunha candea, derretida,
- Auga, xeo (para crear frío superficial) e permanganato potásico para dar cor.
- Calefactor
- Pequeno muíño construído por nós
- Soporte e noz para soste o recipiente de vidro.
- Bombona de gas.

Procedemento:

Poñemos a arder unha candea para que derreta cera. A continuación, nunha cubeta de vidro, poñemos un pouco de permanganato no fondo, e tapamos coa cera derretida. Reenchemos a cubeta con auga da billa, poñemos cubiños de xeo flotando por encima, prendemos a estufa e colocamos a preparación encima do lume. O pouco tempo, observaremos como o permanganato, de cor vermello, comeza a subir; ao chegar arriba e topar o xeo deslízase horizontalmente e volve a descender.



Podemos experimentar agora co aire, e demostrar que sube e move o pequeno muíño feito por nós.

Contesta:

- Por que se move o muíño?
- Nun cine ou teatro ¿estarías máis "quentiño" nos asentos situados máis alto? ¿Influiría en algo a temperatura do aire para escoitar mellor ou peor?
- Que dous tipos de enerxía xera a candea prendida? ¿Cal delas provoca o movemento do muíño?
- No teu fogar, ¿tes comprobado nalgún lugar ou ocasión un movemento producido por aire quente?. Descríbeo.

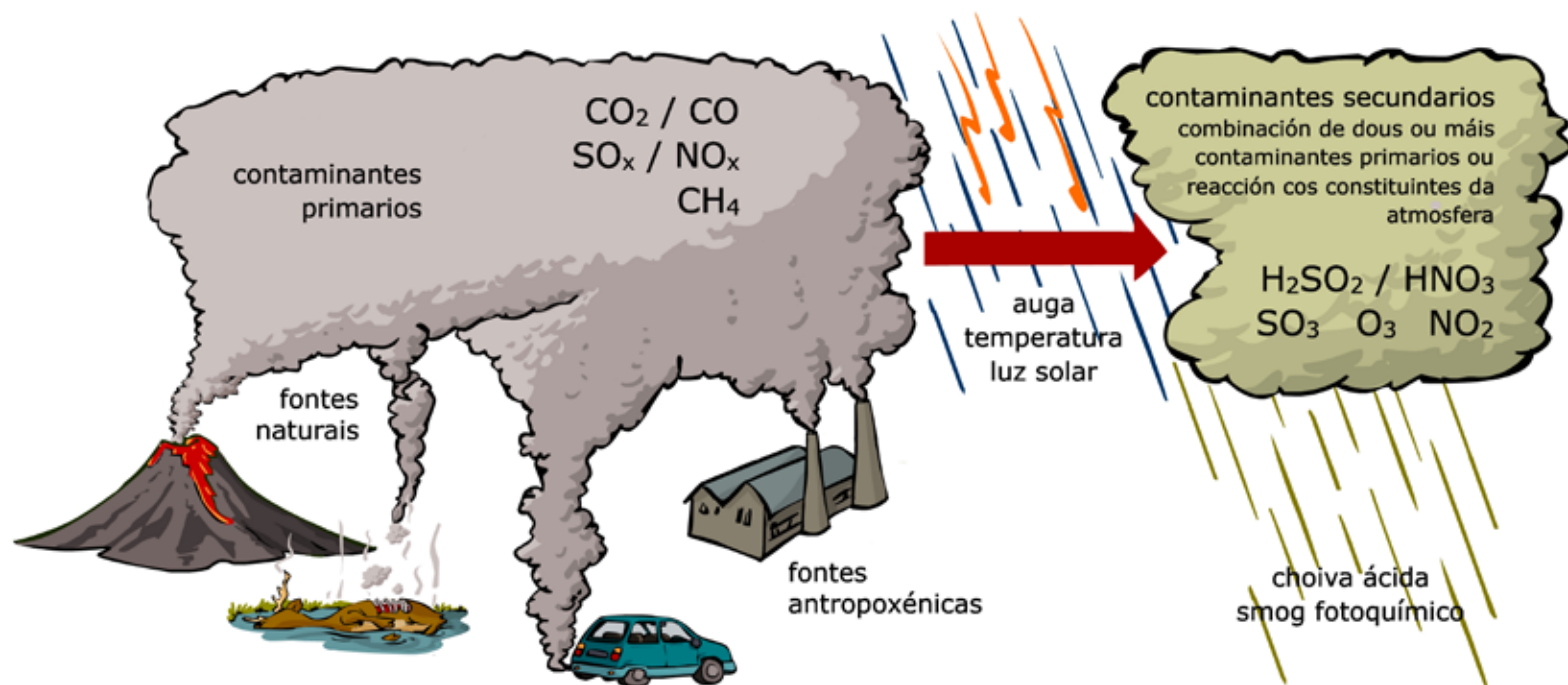


Se a radiación do Sol que atravesa a atmosfera é absorbida pola superficie terrestre, a superficie quenta o aire en contacto con ela, e se este quentamento é o suficientemente grande prodúcense as turbulencias.

Estes movementos que se producen na atmosfera fan que os gases e partículas existentes na atmosfera se dispersen. Do mesmo xeito, fano os gases e partículas contaminantes emitidos polos diferentes focos.

Ademais destes gases, á atmosfera incorpórase vapor de auga mediante a evaporación desde a superficie; este é removido mediante a condensación nas nubes e posterior precipitación de forma líquida (choiva) ou sólida (neve ou sarabia).

O vapor de auga e o CO_2 son os dous compoñentes máis importantes na xeración do efecto invernadoiro na atmosfera terrestre.



Os episodios críticos da contaminación adoitan presentarse en determinados meses do ano, cunha duración de 2-3 días, cando as emisións son constantes e determinados factores meteorolóxicos evitan a dispersión de gases, producíndose unha concentración de contaminantes moi alta no aire da cidade e zonas próximas aos focos emisores. Estas son as condicións máis apropiadas para a formación do smog fotoquímico ou a deposición seca da choiva ácida, do que agora falaremos.





A choiva ácida e o smog fotoquímico.

Choiva ácida

Chámase choiva ácida á precipitación acuosa, ou deposición seca, de pH anormalmente baixo, que contén en disolución ácidos sulfúrico e nítrico, producido, coma xa vimos anteriormente, pola combinación de óxidos de xofre (SO_2) e de nitróxeno (NO_2) co vapor de auga atmosférico. Estes contaminantes no aire poden transformarse en forma de choiva, neve, auganeve, sarabia ou néboa. O modo máis frecuente é en forma de auga, de aí o nome de choiva ácida. Considérase choiva ácida cando o pH é inferior a 5'6.

Os efectos da choiva ácida

A choiva ácida ten impactos negativos sobre os ecosistemas do medio. Acidifica os solos e a auga, danando plantas e animais. Afecta gravemente a grandes extensións de árbores, debilitándoas por danos na follaxe. A choiva ácida pode disolver, de xeito gradual, edificacións de pedra.

- Un dos contaminantes atmosféricos máis frecuente son os gases de xofre que chegan á superficie terrestre arrastrados polas gotas de chuva e pola humidade . Son producidos basicamente polas chimeneas das industrias e polos automóviles que emplean combustibles fósiles (gas, carbón, petróleo). Os seus efectos negativos déixanse sentir sobre todos os seres vivos e tamén sobre as rochas da superficie. Podemos por de manifesto eses efectos con sinxelos experimentos.

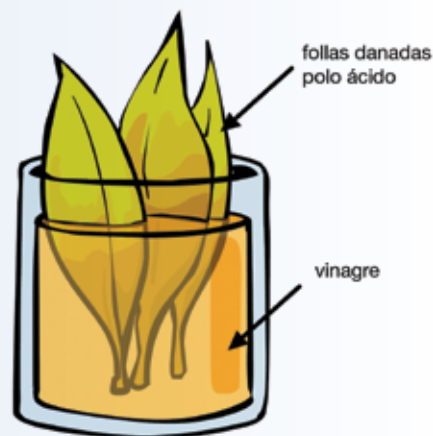
Materiais que precisamos:

- Plantas en macetas (podemos sementar lentellas en vasos de iogur ó longo de varios días e deixalas medrar) ou ben follas de árbores.
- Ácido diluído, por exemplo sulfúrico, nítrico ou mesmo vinagre (unha parte de ácido e tres de auga, para que non representen moito perigo para ti e o medio. Ten en conta que téis que botar o ácido cando xa teñas a auga no recipiente e nunca ó revés, pois saltaría e poderías queimarte)
- Vasos de precipitados.
- Tubos de ensaio e gradillas
- Cravos, mármore.

Procedemento:

Colocamos varias follas cos seus tallos sumerxidos en vinagre durante algúns días. As follas aparecerán danadas e poñeranse marróns ata morrer. Se facemos a sementeira de lentellas, deberemos pulverizar o ácido diluído todos os días sobre as plantiñas e veremos o seu efecto progresivo co paso do tempo, en comparación con plantas que non serán "regadas" co ácido diluído.

- Esta actividade, que che permite comprobar sobre as plantas?
- Proba a poñer caraveis brancos en tinta vermella ou azul, ou mesmo noutro colorante. Que observas?



Para demostrar o efecto da choiva ácida sobre diferentes materiais procederemos como se indica a continuación:

- Colocamos 9 tubos de ensaio nunha gradilla.
- Diluímos en auga ácido sulfúrico (tres partes de auga destilada por unha parte de ácido)
- Da mesma forma, diluímos ácido nítrico.

Nos tres primeiros tubos:

- Nun poñemos un cravo sen oxidar, noutro un pedacito de mármore ou rocha calcaria e no último non poñemos nada. Botamos nos tres auga destilada, e observamos que non se produce ningún efecto.

Nos seguintes tres tubos de ensaio:

- No primeiro poñemos o cravo, no segundo a rocha e no terceiro nada. Botamos nos tres o ácido sulfúrico diluído e observamos o efecto corrosivo na rocha e no cravo.
- Nos tres últimos tubos: Facemos o mesmo que na ocasión anterior, pero agora engadimos o ácido nítrico diluído e observamos de novo efecto corrosivo.

É posible acelerar o proceso dos ácidos sobre a mármore e o cravo usando a chama dun chisqueiro, para dar un pouco de calor.

Finalmente, sacamos e deixamos secar os cravos, esperamos uns minutos e verémolos oxidados.

Responde:

- Colle un xiz, dos de escribir no encerado, e déixao en vinagre. Que lle ocorrerá? Por que escollemos vinagre e non outra sustancia?
- Coñeces algún monumento ou edificio que está afectado polos efectos da choiva ácida?



Smog fotoquímico

A verba smoke é mestura de smoke e fog, fume e néboa. Emprégase para designar a contaminación atmosférica que se produce nalgunhas cidades como combinación de determinadas circunstancias climatolóxicas cos contaminantes. Polo xeral, o smog fórmase cando o fume de chemineas se mestura con néboa.

O smog fotoquímico fórmase cando os fotóns da luz solar chocan con moléculas de diferentes tipos de axentes contaminantes na atmosfera. Os fotóns fan que se produzan reaccións químicas. As moléculas de contaminación convértense noutros produtos químicos nocivos, como xa vimos no laboratorio.

Os químicos presentes no smog inclúen óxidos de nitróxeno, compoñentes orgánicos volátiles (COV), ozono troposférico e nitrato peroxiacético, PAN.

O ozono troposférico é a substancia principal neste grupo, aínda que tamén outros destes compostos actúan como oxidantes na atmosfera.

O ozono, O_3 , é unha molécula formada por átomos de osíxeno. O ozono é un gas de color azulada que ten un forte olor moi característico que se adoita notar despois das descargas eléctricas das tormentas.





O ozono troposférico, ozono que se atopa na troposfera, xunto á superficie da Terra, é un importante contaminante secundario. O que se encontra na zona máis próxima á superficie fórmase por reaccións inducidas pola luz solar nas que participan, principalmente, os óxidos de nitróxeno e os hidrocarburos presentes no aire. É o compoñente máis daniño do smog fotoquímico e causa danos importantes na saúde cando está en concentracións altas, ademais de frear o crecemento das plantas e as árbores.

Na parte alta da troposfera adoita entrar ozono procedente da estratosfera, aínda que a súa cantidade e a súa importancia son menores que o da parte media e baixa da troposfera.

En España, como en outros países mediterráneos, durante o verán danse condicións meteorolóxicas favorables para a formación de ozono: altas temperaturas, ceos despexados, elevada insolación e ventos baixos, especialmente na costa mediterránea e sur da península. En bastantes ocasións ao longo do ano é normal superar, en numerosas estacións de control, os límites marcados pola Directiva da Unión Europea de protección á saúde e de protección á vexetación entre outros.

- Fíxate na ilustración correspondente a Londres en plena revolución industrial. O smog é superior ou inferior ao actual? Xustifica a resposta.



- A bolboreta *Biston betularia* camúflase moi ben nos bidueiros porque a cor das súas ás se asemella á do lique que cobre a superficie desta árbore. Esta bolboreta tamén ten descendentes de ás escoras pero que viven moi pouco. Non obstante, en zonas industriais como Londres no século XIX predominaba a forma de ás negras e practicamente non había formas de ás brancas. Explicao.



- En que zonas de España cres que é máis frecuente o *smog*? Xustifica a resposta.
- Responde co estudado neste apartado ás cuestións iniciais do apartado: "RESPONDE CO QUE SABES AGORA".