

materia

Fundamentos Químicos da Enxeñaría

unidade didáctica 18

A ATMOSFERA

Esther Gómez Fórneas - Laura Rodríguez Silva

Departamento de Química Inorgánica
Escola Politécnica Superior

titulación

Enxeñaría Técnica Agrícola



Vicerreitoría de Cultura



unidade **didáctica** 18

A ATMOSFERA

Esther Gómez Fórneas - Laura Rodríguez Silva
Departamento de Química Inorgánica
Escola Politécnica Superior



© Universidade de Santiago de Compostela, 2009

Deseño

Unidixital

Edita

Vicerreitoría de Cultura
da Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime

Unidixital
Servizo de Edición Dixital da
Universidade de Santiago de Compostela

Dep. Legal: C 1223-2009

ISBN 978-84-9887-130-2

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos.
Queda prohibida a duplicación parcial ou total desta obra, en calquera forma ou por calquera medio (electrónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen consentimento expreso por escrito dos editores.

MATERIA: FUNDAMENTOS QUÍMICOS DA ENXEÑARÍA
TITULACIÓN: ENXEÑARÍA TÉCNICA AGRÍCOLA

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

Programa de Fundamentos Químicos da Enxeñaría

Introdución

Bloque A. INTRODUCCIÓN Á ESTRUTURA DA MATERIA

Unidade Didáctica 1. Conceptos básicos

Unidade Didáctica 2. Estrutura atómica e enlace químico

Bloque B. OS DISTINTOS ESTADOS DA MATERIA:

Unidade Didáctica 3. Forzas intermoleculares. Estados sólido, líquido e gasoso

Unidade Didáctica 4. Disolucións e as súas propiedades

Unidade Didáctica 5. Sistemas coloidais

Bloque C. DISTINTOS TIPOS DE EQUILIBRIO QUÍMICO

Unidade Didáctica 6. Equilibrio químico

Unidade Didáctica 7. Aspectos termodinámicos e cinéticos das reaccións

Unidade Didáctica 8. Reaccións acido-base

Unidade Didáctica 9. Reaccións de precipitación

Unidade Didáctica 10. Reaccións de oxidación-redución

Bloque D. QUÍMICA ORGÁNICA

Unidade Didáctica 11. Química orgánica: Xeneralidades

Unidade Didáctica 12. Isomería dos compostos orgánicos

Unidade Didáctica 13. Reactividade

Bloque E. ANÁLISE INSTRUMENTAL

Unidade Didáctica 14. Utilización analítica dos raios X

Unidade Didáctica 15. Métodos de difracción de electróns

Unidade Didáctica 16. Espectrometría de masas

Unidade Didáctica 17. Aplicacións analíticas da radioactividade

Bloque F. QUÍMICA DO MEDIO AMBIENTE

Unidade Didáctica 18. A atmosfera

Unidade Didáctica 19. O solo

Unidade Didáctica 20. A auga

UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA-3

ÍNDICE

Presentación	7
Os obxectivos	7
Os principios metodolóxicos	7
Os contidos básicos	8
1. Introducción	8
2. A atmosfera terrestre.....	9
2.1 Composición.....	12
2.2 Estrutura da atmosfera	12
2.3 Contaminación atmosférica.....	13
2.3.1 Importancia do problema.....	13
2.3.2 A contaminación do aire e a súa orixe	14
2.3.3 Conceptos básicos en contaminación atmosférica.....	14
2.3.4 Substancias que poden ser contaminantes	15
2.4 Procedencia de contaminación atmosférica.....	15
2.4.1 Vehículos	16
2.4.2 Centrais térmicas e industria	16
2.4.3 Contaminación doméstica.....	17
2.5 <i>Smog</i> industrial e fotoquímico.....	21
2.6 Chuvia ácida.....	22
3. Cambio climático e efecto invernadoiro.....	23
3.1 Efecto invernadoiro.....	24
3.2 Escurecemento global.....	26
3.3 Glaciación global.....	30
4. Ozono. Contaminación fotoquímica.....	33
Avaliacion	35
Referencias Bibliograficas	37

PRESENTACIÓN

Despois de estudar os conceptos básicos da química, as propiedades dos gases, os líquidos, os sólidos, as disolucións, os enlaces químicos, as forzas intermoleculares e visto como a cinética química e os conceptos de equilibrio axudan a entender a natureza das reaccións químicas, neste tema imos aplicar estes coñecementos ao estudo do sistema atmosfera. No entanto que a composición da atmosfera da terra é bastante simple, a súa química é moi complexa e nunca se comprendeu por completo. Os procesos químicos que se levan a cabo na nosa atmosfera son inducidos pola radiación solar, pero están ligados de moitas maneiras aos fenómenos naturais e as actividades humanas na superficie do planeta. Neste tema analizaranse a estrutura e composición da atmosfera e algúns dos procesos químicos que alí teñen lugar. Repasaranse tamén as principais fontes de contaminación do aire e dos programas desenvolto para controlala.

OS OBXECTIVOS

- Coñecer as principais causas da contaminación na atmosfera
- Informarse sobre os principais programas desenvolvidos para paliar a contaminación ambiental
- Familiarizarse coa contaminación radioactiva por radon nos domicilios galegos

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

Empregarase a lección maxistral para presentar e desenvolver os principios teóricos e os conceptos fundamentais da unidade. A introdución de novos conceptos teóricos realizarase en función dos coñecementos previos que teña adquirido o alumnado.

Fomentaremos a súa participación en seminarios para resolver cuestións, problemas prácticos e debater sobre preguntas previamente preparadas relacionadas co tema.

Levaranse a cabo titorías personalizadas en pequenos grupos para resolver cuestións e problemas individuais aparecidos durante o proceso de aprendizaxe.

Propoñemos actividades prácticas de campo e laboratorio tales como a medición de gas radon nos domicilios, para axudar a desenvolver as destrezas e habilidades, capacidade de convición e liderado que aos futuros enxeñeiros se lles supón

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Introducción

Cando falamos da química do medio, referímonos a un tema enormemente amplo e complexo. Aínda que habitualmente tende a pensarse que se restrinxe aos aspectos químicos da contaminación, falando das súas fontes, procesos e consecuencias. Dada a brevidade á que se debe cinguir este tema, centrámonos nunha mínima, aínda que importante parte, como é a contaminación atmosférica.

A contaminación ocorre así, tanto por incorporación de substancias alleas, como por variacións cuantitativa ou cualitativamente importantes na súa composición. Polo xeral prodúcese por unha emisión importante de refugallos nun punto concreto, o que fai que se supere a capacidade de autorexeración ou reciclaxe dos ecosistemas

Os contaminantes non só inciden no contorno próximo a onde se depositan, senón que se dilúen a través da atmosfera e das augas, dispersándose pola litosfera e hidrosfera, e a súa consecuente integración nas redes tróficas, faino un problema común a tódolos seres vivos do planeta.

Ademais, as modificacións climáticas observadas, empezan a ser preocupantes, e mostran unha correlación directa co aumento da

8-UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA

contaminación atmosférica. Todo isto, conduce en boa lóxica a unha preocupación crecente por este tema, a todos os niveis

2. A atmosfera terrestre

A terra é única entre os planetas do noso Sistema Solar porque ten unha atmosfera activa e rica en osíxeno. Está formada principalmente de nitróxeno e osíxeno gasosos. As concentracións atmosféricas destes gases, un dos cales é reactivo (o osíxeno) e o outro (o nitróxeno) é inerte, están determinados en gran medida polos procesos biolóxicos.

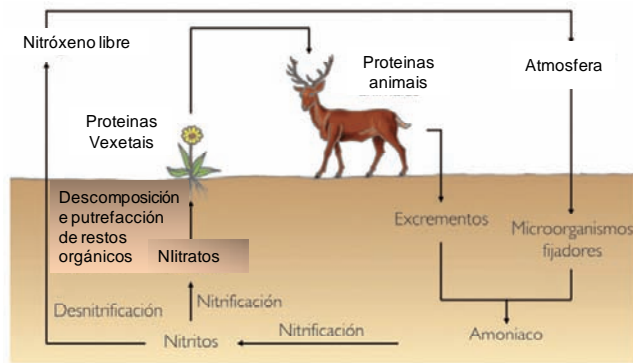


Figura 1. O ciclo do nitróxeno

<http://www.kalipedia.com/> (cited 21/07/2008)

A Atmosfera das primeiras épocas da historia da Terra estaría formada por vapor de auga, dióxido de carbono (CO_2) e nitróxeno, xunto a moi pequenas cantidades de hidróxeno (H_2) e monóxido de carbono pero con ausencia de osíxeno. Era unha atmosfera lixeiramente reductora ata que a actividade fotosintética dos seres vivos introduciu osíxeno e ozono (a partir de hai uns 2 500 ou 2 000 millóns de anos) e hai uns 1 000 millóns de anos a atmosfera chegou a ter unha composición similar á actual. Tamén agora os seres vivos seguen desempeñando un papel fundamental no funcionamento da atmosfera. As plantas e outros organismos fotosintéticos toman CO_2 do aire e devolven

O₂, mentres que a respiración dos animais e queima de bosques ou combustibles realiza o efecto contrario: retira O₂ e devolve CO₂ á atmosfera

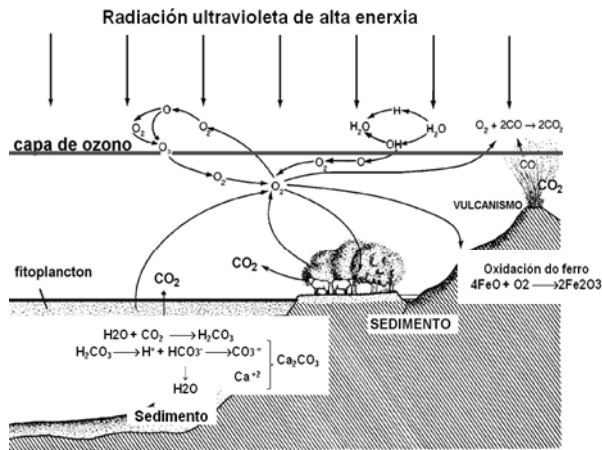


Figura 2. O ciclo do osíxeno

www.sagan-gea.org/hojared/hoja18c.htm (cited 21/07/2008)

Na figura 1 represéntase os principais procesos que conforman o ciclo natural do nitróxeno. O compoñente predominante na atmosfera é o gas nitróxeno (N₂), elemento moi pouco reactivo quimicamente. Só existen dúas vías para ese nitróxeno ser aproveitable pola biosfera: a fixación abiótica, que se produce cos raios, e a fixación biótica, por bacterias, unhas que viven libres e outras que o fan en simbioses con plantas, sobre todo leguminosas. En total, a fixación só representa o 12% do nitróxeno necesario para a produción primaria do conxunto da biosfera. O resto obtense coa reciclaxe do nitróxeno presente na materia orgánica. Hai unha serie de bacterias que oxidan o nitróxeno orgánico e transfórmanlo en nitróxeno mineral, que é o que toman as plantas polas raíces. O proceso contrario á fixación é a desnitrificación, que devolve gas nitróxeno á atmosfera

A reserva fundamental de osíxeno utilizable polos seres vivos está na atmosfera. O seu ciclo está estreitamente vinculado ao do carbono pois o proceso polo que o C é asimilado polas plantas (fotosíntese), supón tamén devolución do osíxeno á atmosfera, mentres que o proceso de respiración ocasiona o efecto contrario.

10-UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA

Na figura 2 representábase o complicado ciclo do osíxeno, xa que existen moitas formas e combinacións químicas que conteñen este elemento, en especial na súa fórmula molecular, na auga e nos compostos orgánicos e inorgánicos.

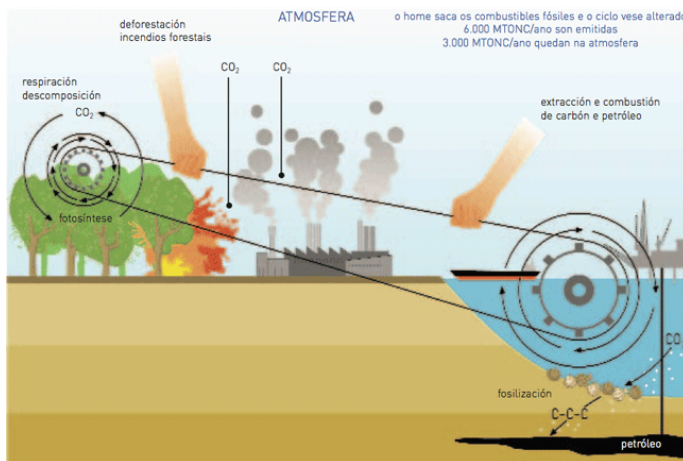


Figura 3. O ciclo do carbono

http://climantica.org/unidades/resource/image_37.gif (cited 21/07/2008)

O carbono é un elemento básico na formación das moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas e ácidos nucleicos, pois todas as moléculas orgánicas están formadas por cadeas de carbonos enlazados entre si. A reserva fundamental de carbono, en moléculas de CO₂ que os seres vivos poidan asimilar, é a atmosfera e a hidrosfera. Na figura 3. representábase o ciclo do carbono Este gas está na atmosfera nunha concentración de máis do 0,03% e cada ano aproximadamente un 5% destas reservas de CO₂, consómense nos procesos de fotosíntese, é dicir que todo o anhídrido carbónico renóvase na atmosfera cada 20 anos.

A volta de CO₂ á atmosfera faise cando na respiración os seres vivos oxidan os alimentos producindo CO₂. No conxunto da biosfera a maior parte da respiración fana as raíces das plantas e os organismos do solo e non, como podería parecer, os animais máis visibles. Os seres vivos acuáticos toman o CO₂ da auga. A solubilidade deste gas na auga é moi superior á doutros gases,

como o O_2 ou o N_2 , porque reacciona coa auga formando ácido carbónico. Nos ecosistemas mariños algúns organismos converten parte do CO_2 que toman en $CaCO_3$ que necesitan para formar as súas cunchas, caparazóns ou masas rochosas no caso dos arrecifes. Cando estes organismos morren os seus caparazóns deposítanse no fondo formando rocas sedimentarias calcarias no que o C queda retirado do ciclo durante miles e millóns de anos. Este C volverá lentamente ao ciclo cando se van disolvendo as rocas

2.1. Composición

Os gases fundamentais que forman a atmosfera son:

	% (en vol)
Nitróxeno	78.084
Osíxeno	20.946
Argon	0.934
CO_2	0.033

Outros gases de interese presentes na atmosfera son o vapor de auga, o ozono e diferentes óxidos de nitróxeno, xofre, etc. Tamén hai partículas de po en suspensión como, por exemplo, partículas inorgánicas, pequenos organismos ou restos deles, NaCl do mar, eta. Moitas veces estas partículas poden servir de núcleos de condensación na formación de néboas (*smog*) moi contaminantes.

2.2. Estrutura da atmosfera

Atendendo a diferentes características a atmosfera divídese en:

A **troposfera**, que abarca ata un límite superior chamado tropopausa que se atopa aos 9 km nos polos e os 18 km no ecuador. Nela prodúcense importantes movementos verticais e horizontais das masas de aire (ventos) e hai relativa abundancia de auga, pola súa proximidade á hidrosfera. Por todo isto é a zona das nubes e os fenómenos climáticos: choivas, ventos, cambios

de temperatura, etc. é a capa de máis interese para a ecoloxía. Na troposfera a temperatura vai diminuindo conforme se vai subindo, ata chegar a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ no seu límite superior.

A **estratosfera** comeza a partir da tropopausa e chega ata un límite superior chamado

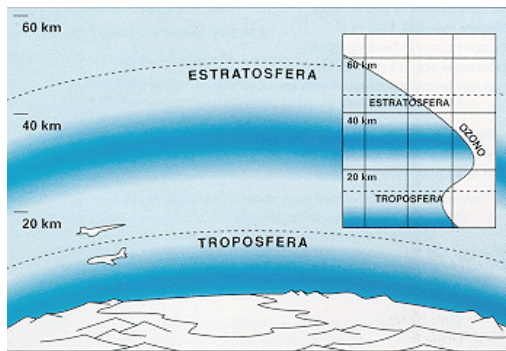


Figura 4. Estrutura da atmosfera

estratopausa que se sitúa aos 50 quilómetros de altitude. Nesta capa a temperatura cambia a súa tendencia e vai aumentando ata chegar a ser de ao redor de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na estratopausa. Case non hai movemento en dirección vertical do aire, pero os ventos horizontais chegan a alcanzar frecuentemente os 200 km/h, o que facilita o que calquera substancia que chega á estratosfera difúndase por todo o globo con rapidez, que é o que sucede cos CFC que destrúen o ozono. Nesta parte da atmosfera, entre os 30 e os 50 quilómetros, atópase o ozono que tan importante papel cumpre na absorción das daniñas radiacións de onda curta.

A **ionosfera e a magnetosfera** atópanse a partir da estratopausa. Nelas o aire está tan enrarecido que a densidade é moi baixa. Son os lugares onde se producen as auroras boreais e onde se reflicten as ondas de radio, pero o seu funcionamento afecta moi pouco aos seres vivos

2.3. Contaminación atmosférica

2.3.1. Importancia do problema

A atmosfera é esencial para a vida polo que as súas alteracións teñen unha gran repercusión no home e outros seres vivos e, en xeral, en todo o planeta. É un medio extraordinariamente complexo e a situación faise aínda máis complicada e difícil de estudar cando se lle engaden emisións de orixe humana en gran cantidade, como está a suceder nestas últimas décadas.

Unha atmosfera contaminada pode danar a saúde das persoas e afectar á vida das plantas e os animais. Pero, ademais, os cambios que se producen na composición química da atmosfera poden cambiar o clima, producir choiva ácida ou destruír o ozono, fenómenos todos eles dunha grande importancia global. Enténdese a urxencia de coñecer ben estes procesos e de tomar as medidas necesarias para que non se produzan situacións graves para a vida da humanidade e de toda a biosfera

2.3.2. A contaminación do aire e a súa orixe

A nosa actividade, mesmo a máis normal, orixina contaminación. Cando usamos electricidade, medios de transporte, metais, plásticos ou pinturas; cando se consomen alimentos, medicamentos ou produtos de limpeza; cando se acende a calefacción ou se quenta a comida ou a auga, etc. prodúcense, directa ou indirectamente, substancias contaminantes.

Nun país industrializado a contaminación do aire procede, máis ou menos a partes iguais, dos sistemas de transporte, os grandes focos de emisións industriais e os pequenos focos de emisións das cidades ou o campo; pero non debemos esquecer que sempre, ao final, estas fontes de contaminación dependen da demanda de produtos, enerxía e servizos que facemos o conxunto da sociedade

2.3.3. Conceptos básicos en contaminación atmosférica

Hai un gran número de definicións distintas de contaminación atmosférica, dependendo do punto de vista que se adopte. Así, por exemplo: "Calquera circunstancia que engadida ou quitada dos normais constituíntes do aire, pode chegar a alterar as súas propiedades físicas ou químicas o suficiente para ser detectado polos compoñentes do medio". O habitual é considerar como contaminantes só aquelas substancias que foron engadidas en cantidades suficientes como para producir un efecto medible nas persoas, animais, vexetais ou nos materiais. Así, outra definición é: "Calquera condición

atmosférica na que certas substancias acadan concentracións o suficientemente elevadas sobre o seu nivel ambiental normal como para producir un efecto medible no home, os animais, a vexetación ou nos materiais".

2.3.4. Substancias que poden ser contaminantes

Pode ser un contaminante calquera elemento, composto químico ou material de calquera tipo, natural ou artificial, capaz de permanecer ou ser arrastrado polo aire. Pode estar en forma de partículas sólidas, pingas líquidas, gases ou en diferentes mesturas destas formas.

Resulta moi útil diferenciar os contaminantes en dous grandes grupos co criterio de se foron emitidos desde fontes coñecidas ou se formaron na atmosfera. Así temos:

- **contaminantes primarios:** aqueles procedentes directamente das fontes de emisión;
- **contaminantes secundarios:** aqueles orixinados no aire por interacción entre dúas ou máis contaminantes primarios, ou polas súas reaccións cos constituíntes normais da atmosfera.

Os contaminantes atmosféricos son tan numerosos que resulta difícil agrupalos para o seu estudo. Seguindo unha agrupación bastante frecuente incluíremolos nos seguintes grupos:

- Óxidos de carbono
- Óxidos de xofre
- Óxidos de nitróxeno
- Compostos orgánicos volátiles
- Partículas e aerosois
- Oxidantes Substancias radioactivas

2.4. Procedencia de contaminación atmosférica

- Vehículos

- Centrais térmicas e industria
- Contaminación domestica

Nos países desenvolvidos as dúas fontes principais de contaminación son os vehículos con motor e a industria.

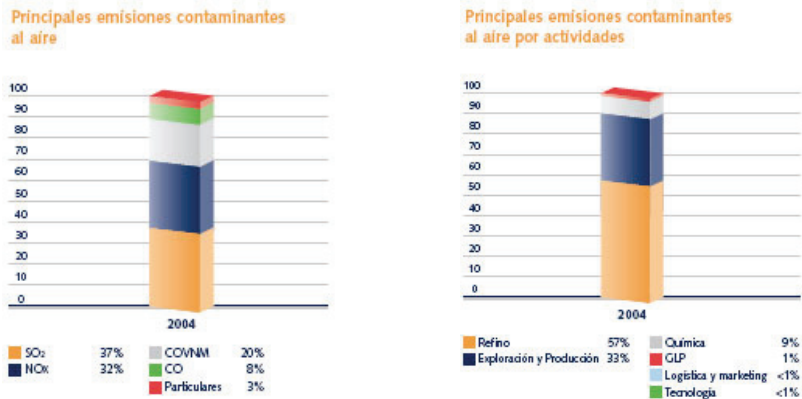


Figura 5. Emisións contaminantes á atmosfera

http://www.repsol.com/es/es/todo_sobre_repsol_yyf/informacion_para_accionistas_e_inversores/inf_economicofinanciera/informes_financieros/html/social/04/imagenes/rs/page_55-1.jpg (cited 21/07/2008)

2.4.1. Vehículos

Os automóviles e os camiós liberan grandes cantidades de óxidos de nitróxeno, óxidos de carbono, hidrocarburos e partículas ao queimaren a gasolina e o gasóleo

2.4.2. Centrais térmicas e industria

As centrais térmicas e outras industrias emiten a maioría das partículas e dos óxidos de xofre, ademais de cantidades importantes de outros contaminantes. Os tres tipos de industria máis contaminante, falando en xeral, son a química, a metalurxia e siderurxia e a papeleira. En definitiva, a combustión de combustibles fósiles, petróleo e carbón, é responsable da

maioría das emisións e a industria química é a principal emisora de produtos especiais, algúns moi daniños para a saúde. Outra fonte importante de contaminación atmosférica adoita ser a destrución dos residuos por combustión

2.4.3. Contaminación doméstica

A contaminación nos espazos cerrados é tan difícil de evitar como a do aire. Na calidade do aire no fogar e nos centros de traballo vese alterada polos materiais con que están construídos, pola actividade humana e outros factores do medio. Os contaminantes domésticos máis comúns son o radon (gas radioactivo de orixe natural), monóxido e dióxido de carbono e o formaldehído.

O **radon** é un gas incoloro inodoro e insípido, máis denso que o aire que entra nos edificios polas pequenas fendeduras dos cementos e tende a acumularse no interior dos edificios. É lixeiramente soluble en auga, polo que é capaz de dispersarse en distintos medios.

O radon-222 é un emisor de partículas alfa; cando se desintegra forma os isótopos radioactivos polonio-214 e polonio-218, que poden chegar a acumularse a niveis elevados nos espazos cerrados (**figura 6**).

Estas partículas radioactivas sólidas pódense adherir ao po e o fume e inhalarse e depositarse no tracto respiratorio. Se se respiran por períodos prolongados, as partículas alfa emitidas polo polonio e os seus produtos de desintegración, que tamén son radioactivos, poden ocasionar cancro de pulmón.

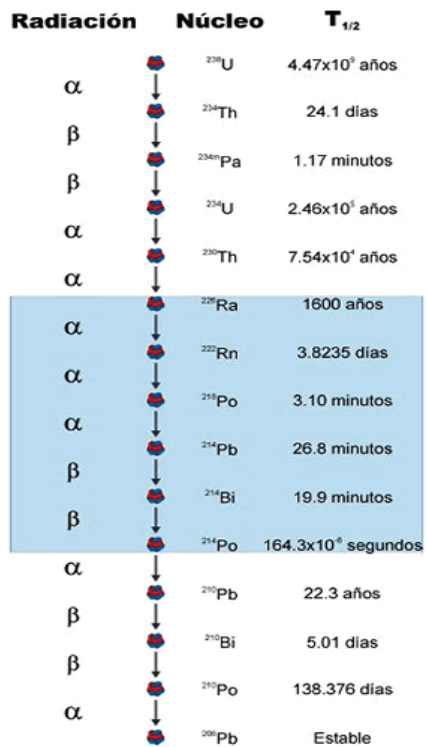


Figura 6. Desintegración radiactiva del Uranio-238

O primeiro paso para combater a contaminación é medir os niveis de radon nos domicilios cun detector de proba que sexa fiable. Os detectores que nos estamos empregando son para facer probas a longo prazo e utilizan un cachiño de película de polímero especial onde as partículas alfa deixan a súa “pegada”. Despois duns meses de exposición, mídese a concentración en becquerelios por metro cúbico. A principal fonte de radon é o uranio presente nas rocas. Unha das rocas máis ricas en uranio é o granito.

O radon doméstico pode ter a súa orixe no subsolo do edificio, nos materiais de construción da vivenda ou nos pozos escavados no granito.

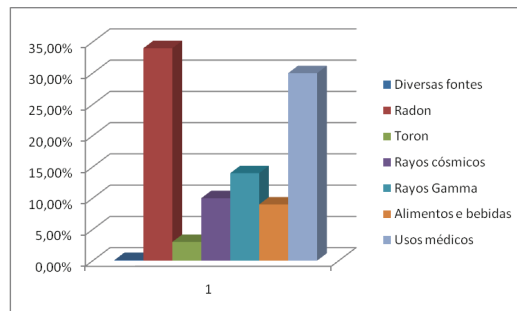


Figura 7. Dose media de radon recibida nun ano por unha persoa en España

Se os niveis son inaceptables, a casa debe ventilarse con regularidade. Esta preocupación é importante sobre todo nas casas construídas recentemente porque están mellor illadas. O máis efectivo para evitar a contaminación por radon é reorientar o gas antes de que entre na casa. Pódese instalar, por exemplo, un conduto de ventilación para sacar o aire do soto. É moi probable que exista un efecto sinérxico entre o radon e o hábito de fumar para que se produza cancro de pulmón

É necesario que se fagan estudos máis sistemáticos para avaliar o impacto ambiental do radon. No entanto, a Axencia de Protección do Medio Ambiente (EPA) recomenda que se poña remedio cando o nivel de radioactividade por radon exceda de 148 becquerelios/m³.

En Europa as recomendacións son, para casas xa construídas, non superar os 400 becquerelios/m³ (un límite exaxeradamente permisivo, na nosa

opinión), e nas casas de nova construción non se deben exceder os 200 becquerelios/m³.

O becquerel ou becquerelio (símbolo Bq) é unha unidade derivada do Sistema Internacional de Unidades que mide a actividade radioactiva. Equivale a unha desintegración nuclear por segundo.

Pódese calcular derivando N respecto ao tempo (t): $A = -dN/dt = \lambda N$; $A = A_0 e^{-\lambda t}$, sendo N o número de núcleos radioactivos sen desintegrarse, λ a constante radioactiva, característica de cada isótopo, e A_0 a actividade no instante inicial. Toma o seu nome en honra do físico francés Henri Becquerel. Por outra banda, $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq equivalen a 1 curie



Figura 9. Mapa das zonas (en vermello) que presentan as concentracións máis altas de radón en España

Nestes momentos o Ministerio de Fomento trasladou ás CC.AA. un novo código de edificación para o seu informe e adaptación que debería clasificar as zonas do país, en baixo, medio e alto risco. En Galicia, estas últimas serán numerosas e, de seguírense os modelos doutros países, a normativa deba incluír a recomendación da necesaria medida do radón nas vivendas e a subseguinte redución da súa concentración se é alta. Ademais, trataríase de introducir novas tecnoloxías na construción das novas edificacións, para facelas impermeables ao radón, naquelas zonas de alto risco, así como a facilidade de reformas nas xa construídas que o necesitasen. As técnicas para

iso levan máis de tres décadas utilizándose en Norteamérica e numerosos países de Europa, cun custo mínimo

Dióxido e monóxido de carbono

Tanto o dióxido de carbono (CO_2) coma o monóxido (CO) son produtos de combustión. As fontes domésticas destes gases son as estufas de leña, de gas, os calefactores, o fume do tabaco, a respiración humana e os gases que saen dos escapes dos coches (nos garaxes). O CO_2 non é un gas tóxico, pero ten un efecto asfixiante. As persoas que traballan en rañaceos e outros espazos cerrados están expostas a concentracións elevadas de CO_2 , fatíganse máis e teñen problemas para concentrarse. A solución é a ventilación adecuada.

O CO é moi venenoso pola súa alta capacidade de unirse a hemoglobina, 200 veces superior á capacidade do osíxeno. As moléculas de hemoglobina que se encontran unidas ao CO (moléculas de carboxihemoglobina) non poden transportar o osíxeno necesario para os procesos metabólicos. Cunha pequena cantidade de CO que se inhale prodúcese letargo e dor de cabeza. En caso de envenenamento por CO, o mellor é trasladar a vítima a unha zona con abundante osíxeno ou resucitala con respiración boca a boca.

Formaldehído

O formaldehído (HCHO) é un líquido de olor bastante desagradable que se utiliza para conservar mostras no laboratorio. As resinas de formaldehído utilízanse na industria como axentes leantes nos materiais utilizados na construción e na manufactura de mobiliario, como a madeira contrachapada e o taboleiro. Tamén se usan espumas illantes feitas de urea e formaldehído para encher ocos nas paredes. A baixas concentracións, o formaldehído causa adormecemento, náusea, dor de cabeza e outros malestares respiratorios. As probas de laboratorio mostran que respirar concentracións altas de formaldehído pode inducir cancro nos animais, pero faltan probas para saber se tamén o produce nos humanos.

20-UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA

A ventilación adecuada é a mellor maneira para eliminar este produto. No entanto, débese ter precaución de non eliminar demasiado rápido o aire da habitación sen ser reemplazado, xa que unha presión reducida provoca que as resinas de formaldehido se descompoñan máis rápido e, en consecuencia, libérase máis formaldehido

2.5. **Smog industrial e fotoquímico**

A palabra inglesa *smog* (de *smoke*: fume e *fog*: néboa) úsase para designar a contaminación atmosférica que se produce nalgunhas cidades como resultado da combinación dunhas determinadas circunstancias climatolóxicas e uns contaminantes concretos. Hai dous tipos moi diferentes de smog: O **Smog Industrial** e o **Smog fotoquímico**

Smog industrial O chamado *smog* industrial ou gris foi moi típico nalgunhas cidades grandes, como Londres ou Chicago, con moita industria, nas que, ata hai uns anos, queimábanse grandes cantidades de carbón e petróleo pesado con moito xofre, en instalacións industriais e de calefacción. Nestas cidades formábase unha mestura de dióxido de xofre, gotiñas de ácido sulfúrico formada a partir do anterior e unha gran variedade de partículas sólidas en suspensión, que orixinaba unha espesa néboa cargada de contaminantes, con efectos moi nocivos para a saúde das persoas e para a conservación de edificios e materiais.

Na actualidade nos países desenvolvidos os combustibles que orixinan este tipo de contaminación quéimanse en instalacións con sistemas de depuración ou dispersión mellores e raramente atópase este tipo de polución, pero en países en vías de industrialización como China ou algúns países de Europa do Leste, aínda é un grave problema nalgunhas cidades

Smog fotoquímico En moitas cidades o principal problema de contaminación é o chamado *smog* fotoquímico. Con este nome referímonos a unha mestura de contaminantes de orixe primaria (NOx e hidrocarburos

volátiles) con outros secundarios (ozono, peroxiacilo, radicais hidroxilo, etc.) que se forman por reaccións producidas pola luz solar ao incidir sobre os primeiros.

Esta mestura escurece a atmosfera deixando un aire tinguido de cor marrón avermellado cargado de compoñentes daniños para os seres vivos e os materiais. Aínda que practicamente en todas as cidades do mundo hai problemas con este tipo de contaminación, é especialmente importante nas que están en lugares con clima seco, cálido e teñen moitos vehículos. O verán é a peor estación para este tipo de polución e, ademais, algúns fenómenos climatolóxicos, como os investimentos térmicos, poden agravar este problema en determinadas épocas xa que dificultan a renovación do aire e a eliminación dos contaminantes

2.6. Chuvia ácida

Algunhas industrias ou centrais térmicas que usan combustibles de baixa calidade, liberan ao aire atmosférico importantes cantidades de óxidos de xofre e nitróxeno. Estes contaminantes poden ser trasladados a distancias de ata centos de quilómetros polas correntes atmosféricas, sobre todo cando son emitidos á atmosfera desde chemineas moi altas que diminúen a contaminación nas proximidades pero a trasladan a outros lugares.

Na atmosfera os óxidos de nitróxeno e xofre son convertidos en ácido nítrico e sulfúrico que volven á terra coas precipitacións de chuva ou neve (choiva ácida). Outras veces, aínda que non chova, van caendo partículas sólidas con moléculas de ácido adheridas (deposición seca).

A chuvía normal é lixeiramente ácida, por levar ácido carbónico que se forma cando o dióxido de carbono do aire disólvese na auga que cae. O seu pH adoita estar entre 5 e 6. Pero nas zonas coa atmosfera contaminada por estas substancias acidificantes, a chuvía ten valores de pH de ata 4 ou 3 e, nalgúns zonas en que a néboa é ácida, o pH pode chegar a ser de 2,3, é dicir similar ao do zume de limón ou ao do vinagre

A respecto dos danos provocados pola chuvía ácida, é interesante distinguir entre:

- 1) **Ecosistemas acuáticos.-** Neles está moi demostrada a influencia negativa da acidificación. Foi precisamente observando a situación de centos de lagos e ríos de Suecia e Noruega, entre os anos 1960 e 1970, nos que se viu que o número de peixes e anfibios ía diminuindo de forma acelerada e alarmante, cando se deu importancia a esta forma de contaminación. A reprodución dos animais acuáticos é alterada, ata o punto de que moitas especies de peixes e anfibios non poden subsistir en augas con pH inferiores a 5,5. Especialmente grave é o efecto da chuvia acida en lagos situados en terreos de roca non calcaria, porque cando o terreo é calcario, os ións alcalinos son abundantes no chan e neutralizan, en gran medida, a acidificación; pero se as rocas son granitos, ou rocas ácidas pobres en catións, os lagos e ríos ven moito máis afectados por unha deposición ácida que non pode ser neutralizada pola composición do chan.
- 2) **Ecosistemas terrestres.-** A influencia sobre as plantas e outros organismos terrestres non está tan clara, pero se sospeita que pode ser un factor moi importante da chamada "morte dos bosques" que afecta a grandes extensións de superficies forestais en todo o mundo. Tamén parece moi probable que afecte o ecosistema terrestre a través dos cambios que se producen no chan, pero se necesita seguir estudando estes temas para coñecer mellor cales poden ser os efectos reais.
- 3) **Edificios e construcións.-** A corrosión de metais e construcións é outro importante efecto daniño producido pola choiva ácida. Moitos edificios e obras de arte situadas á intemperie están a deteriorarse decenas de veces máis rápido que o que o facían antes da industrialización e isto sucede pola contaminación atmosférica, especialmente pola deposición ácida.

3. Cambio climático e efecto invernadoiro

Está a se queantar a Terra? Este quecemento está producido pola contaminación? O cambio no clima traerá violentos fenómenos meteorolóxicos, tormentas, choivas torrenciais, desxeo dos glaciares, subida do nivel do mar,

desertización de grandes extensións, etc.? Todas estas cuestións son motivo de noticias e polémicas apaixonantes. é lóxico que así sexa porque estamos a falar dun problema con graves repercusións para a vida de millóns de persoas.

As evidencias científicas non son totalmente claras, pero en 1995 o principal organismo internacional que se encarga de coordinar todos os estudos sobre este tema, o UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indicaba nun dos seus Informes que «o conxunto de evidencias suxire un certo grao de influencia humana sobre o clima global» (*the balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate*).

Ao longo dos 4.600 millóns de anos de historia da Terra as fluctuacións climáticas foron moi grandes. Nalgunhas épocas o clima foi cálido e noutro frío e, ás veces, pasouse bruscamente dunhas situacións a outras. Así, por exemplo: Algunhas épocas da Era Mesozoica (225 - 65 millóns anos BP) foron das máis cálidas das que temos constancia fiable. Nelas a temperatura media da Terra era uns 5 °C máis alta que a actual.

Nos relativamente recentes últimos 1,8 millóns de anos, houbo varias extensas glaciacións alternándose con épocas de clima máis benigno, similar ao actual. A estas épocas chámaselles interglaciacións. A diferenza de temperaturas medias da Terra entre unha época glacial e outra como a actual é de só uns 5 °C ou 6 °C . Diferenzas tan pequenas na temperatura media do planeta son suficientes para pasar dun clima con grandes casquetes glaciares estendidos por toda a Terra a outra como a actual. Así enténdese que modificacións relativamente pequenas na atmosfera, que cambiasen a temperatura media uns 2 °C ou 3 °C poderían orixinar transformacións importantes e rápidas no clima e afectar de forma moi importante á Terra e ao noso sistema de vida

3.1. Efecto invernadoiro

Dentro dun invernadoiro a temperatura é máis alta que no exterior porque entra máis enerxía da que sae, pola mesma estrutura do habitáculo, sen necesidade de que empreguemos calefacción para quentalo.

No conxunto da Terra de produce un efecto natural similar de retención da calor grazas a algúns gases atmosféricos. A temperatura media na Terra é duns 15 °C e se a atmosfera non existise sería duns -18 °C. Chámaselle efecto invernadoiro por similitude, porque en realidade a acción física pola que se produce é totalmente distinta á que sucede no invernadoiro de plantas.

O efecto invernadoiro fai que a temperatura media da superficie da Terra sexa 33 °C maior que a que tería se non existisen gases con efecto invernadoiro na atmosfera

O efecto invernadoiro orixínase porque a enerxía que chega do sol, ao proceder dun corpo de moi elevada temperatura, está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan a atmosfera con gran facilidade. A enerxía remitida cara ao exterior, desde a Terra, ao proceder dun corpo moito máis frío, está en forma de ondas de frecuencias máis baixas, e é absorbida polos gases con efecto invernadoiro. Esta retención da enerxía fai que a temperatura sexa máis alta, aínda que hai que entender ben que, ao final, en condicións normais, é igual a cantidade de enerxía que chega á Terra que a que esta emite. Se non fose así, a temperatura do noso planeta iría aumentando continuamente, cousa que, por fortuna, non sucedeu.

Poderíamos dicir, dunha forma moi simplificada, que o efecto invernadoiro o que fai é provocar que lle enerxía que chega á Terra sexa "devolta" máis lentamente, polo que é "mantida" máis tempo xunto á superficie e así se mantén a elevación de temperatura.

	Acción relativa	Contribución real
CO ₂	1 (referencia)	76%
CFCs	15 000	5%
CH ₄	25	13%
N ₂ O	230	6%

Como se indica na columna de acción relativa, un gramo de CFC produce un efecto invernadoiro 15000 veces maior que un gramo de CO₂, pero como a cantidade de CO₂ é moito maior que a do resto dos gases, a contribución real ao efecto invernadoiro é a que sinala a columna da dereita

Outros gases como o osíxeno e o nitróxeno, aínda que se atopan en proporcións moito maiores, non son capaces de xerar efecto invernadoiro

3.2. Escurecemento global

O escurecemento global é un termo que describe a redución gradual da cantidade de luz solar observada que alcanza a superficie terrestre. Pénsase que foi provocado por un incremento de partículas como o negro de carbón (ou feluxe) na atmosfera debido ás actividades humanas, principalmente a combustión, tanto industrial como no transporte. O efecto varía coa localización, pero globalmente a redución foi da orde dun 4 % en tres décadas (1970-1990). O escurecemento global interferiu co ciclo hidrolóxico reducindo a evaporación e puido provocar secas nalgunhas zonas. A tendencia reverteuse durante a pasada década. O escurecemento global crea un efecto de arrefriado que puido levar aos científicos a subestimar os efectos dos gases de efecto invernadoiro enmascarando parcialmente o chamado quecemento global

Alguns climatólogos expuxeron a teoría de que os ronseis das aeronaves están implicadas no escurecemento global, pero o fluxo constante de tráfico aéreo previamente implicou que esta hipótese non podía poñerse a proba. O parón case completo do tráfico aéreo na aviación civil durante os tres días que seguiron aos atentados do 11 de setembro proporcionou unha rara oportunidade para observar o clima dos Estados Unidos en ausencia do efecto dos ronseis. Durante este período observouse unha variación de 1 °C na temperatura diúrna nalgunhas partes dos EUA, isto é, que os ronseis de aeronaves poderían aumentar as temperaturas nocturnas e/ou diminuído as diúrnas en cantidades maiores do que previamente se pensaba.[1]

Actualmente pénsase que o escurecemento global débese probablemente á crecente presenza de aerosois e outras partículas na

atmosfera. As partículas contaminantes actúan tamén como núcleos de condensación ao redor dos cales se forman pingas microscópicas que van uníndose por coalescencia. Toda nube contén un determinado número destas partículas pero o incremento causado pola contaminación atmosférica fixo que haxa máis da conta, co que as nubes se cargan cunha maior cantidade de pingas máis pequenas. Este tipo de nubes parece que son máis brancas, é dicir que reflicten mellor a luz solar que as de pingas máis grandes pero máis escasas. O balance total é que a cobertura anubrada da Terra devolve ao espazo máis luz solar que antes. As nubes interceptan tanto a calor do Sol como o que é radiado pola Terra. Os seus efectos son complexos e varían segundo o momento, a localización e a altitude. Habitualmente, durante o día predomina a intercepción da luz solar, producindo un efecto de arrefriado, con todo, pola noite a reemisión da calor radiada pola Terra retarda a perda de calor do planeta retendo unha boa parte deste na baixa troposfera.

Os cambios a grande escala nos patróns do tempo meteorolóxico tamén poderían estar provocados polo escurecemento global. Os modelos climáticos suxiren especulativamente que esta redución na luz solar que alcanza a superficie puido conducir á ausencia do monzón no África subsahariana durante as décadas dos 70 e 80, xunto coas fames negras asociadas como a seca do Sahel, provocada pola contaminación do hemisferio norte que arrefriaba o Atlántico.

Por isto, o Cinto de choivas tropicais puido non ascender cara a latitudes máis ao norte, provocando deste xeito a ausencia de choivas estacionais. Esta afirmación non está universalmente aceptada e é moi difícil de probar. Tamén se conclúe que o desequilibrio entre o escurecemento global e o quecemento global na superficie conduce a fluxos de calor turbulentos máis débiles cara á atmosfera. Isto significa unha evaporación global reducida e por tanto as precipitacións suceden nun mundo máis escuro e cálido que finalmente pode conducir a unha atmosfera máis húmida na que chove menos.[2]

Traballos de investigación independentes en Israel e Holanda a finais dos 80 mostraron unha aparente redución da cantidade de irradiación solar,[3],

UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA-27

a pesar da estendida evidencia de que o clima realmente estase requentado. Os efectos rexionais probablemente son dominantes neste caso, aínda que non están estritamente confinados á área do terreo, e os efectos están dirixidos pola circulación do aire. Atopamos as maiores cifras de redución no Hemisferio Norte en latitudes medias. A rexión do espectro de radiación luminosa máis afectada parece ser a visible e o infravermello máis que o corte ultravioleta do espectro.[4]

Nos 90 os científicos advertiron algo que no seu momento foi considerado moi estraño, o feito de que a taxa de evaporación estaba a caer, aínda que se esperaba que crecese debido ao quecemento global,[5]. A mesma tendencia observouse en China nun período similar. Cítase a un descenso da radiación solar como forza directriz. No entanto, a diferenza doutras zonas do mundo, o descenso da irradiación solar non foi sempre seguido por un incremento da cuberta de nubes e as precipitacións. Crese que os aerosois poderían desempeñar un papel crítico no descenso da irradiación solar en China.[6]

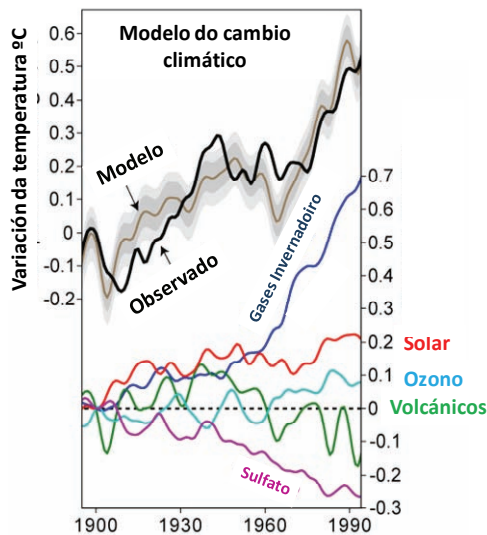


Figura 8. Nivel de axuste entre o modelo climático ligado a cinco factores e o rexistro histórico de temperaturas

Moitos climatólogos refírense aos datos de evaporimetría como a proba máis convincente do escurecemento solar.[7] Os experimentos con tanques evaporimétricos son sinxelos de reproducir con equipos de baixo custo, hai moitos tanques que se usan para a agricultura en todo o mundo, con moitos exemplos e os datos foron recompilados durante case medio século. No entanto, a evaporación nestes tanques depende dalgúns factores adicionais ademais da radiación solar neta. Os outros dous factores principais son o déficit de presión de vapor e a velocidade do vento.

Causas probables poden ser a combustión incompleta de combustibles fósiles como o diésel e a madeira que liberan feluxe, un compoñente extremadamente pequeno da contaminación do aire a nivel de superficie, o fenómeno ten un efecto caldeante na atmosfera en altitudes duns dous quilómetros. Tamén escurece a superficie do océano absorbendo a radiación solar.[8]

O fenómeno que subxace ao escurecemento global tamén ten efectos rexionais. Mentres que a maior parte da terra quéntase, as rexións que están a sotavento das fontes máis importantes de contaminación atmosférica (especificamente emisións de anhídrido sulfuroso), xeralmente arrefriáronse. Isto pode explicar o arrefriado do leste dos Estados Unidos en relación ao quecemento da parte oeste.[9]

Os traballos iniciais para incorporar os efectos do escurecemento global suxiren que as temperaturas mundiais poderían elevarse en 2 °C cara ao 2030 e tanto como 10 °C cara ao 2100; isto supón dobrar as cifras amplamente aceptadas de 5 °C de incremento na temperatura global para o presente século. Se isto fose así, semellantes incrementos provocarían a fusión do casquete de xeo de Groenlandia, reducións serias da extensión das pluvias tropicais e elevacións significativas do nivel dos mares.

Unha hipótese adicional sería a de que un aumento da temperatura podería provocar un escape rápido e irreversible dos enormes depósitos de hidratos de metano que actualmente se atopan atrapados baixo o piso oceánico, liberando gas metano, un dos máis poderosos gases de efecto invernadoiro. Un mecanismo similar sería o proposto para unha das teorías que

explicarían os sucesos que conduciron ás extincións do Pérmico-Triásico aproximadamente hai 252 millóns de anos e as extincións asociadas co Máximo Térmico do Paleoceno-Eoceno,[10] ao redor dos 55 millóns de anos atrás. Estímase que ao planeta custaríalle tanto como 100.000 anos recuperar o "estado normal" tras un máximo térmico.

Identificouse unha forma natural de escurecemento/nubro ambiental a gran escala que afectou en 2006 á estación de furacáns do hemisferio norte. Un estudo da NASA atopou que algunhas tormentas de po importantes que tiveron lugar no deserto do Sahara entre xuño e xullo enviaron po á deriva sobre o Océano Atlántico e por medio de varios efectos provocaron o arrefriado das augas, amortecendo así o desenvolvemento de furacáns

3.3. Glaciación global

Terra bóla de neve é o nome dunha sorprendente teoría xeolóxica que pode resumirse así: nun pasado remoto a terra estivo totalmente cuberta polo xeo desde os polos até o ecuador, os océanos incluídos. Esta hipótese, aínda pouco coñecida do público, non é nova; con todo, hai pouco tempo que a comunidade científica empezou a considerala con atención. A inquietude achega do cambio climático que se avexiña non é allea á volta á actualidade desta teoría. O feito fundamental que a xustifica é a presenza en todas as latitudes (descontando derivaa dos continentes) de vestixios de xeo, nas capas xeolóxicas que corresponden a unha mesma era, o Proterozoico, fai entre 800 e 550 millóns de anos.

En 1998, Paul Hoffmann e Daniel Schrag, da Universidade Harvard, xustifican esta hipótese nun artigo da revista Science con argumentos de tectónica das placas e de mecanismos climáticos. Afirman ademais que, naquela era, houbo varios ciclos de glaciación total e desxeo .Un equipo francoestadounidense dirixido polo climatólogo Yannick Donnadieu (que traballa no CNRS francés) publicou o 18 de marzo de 2004 na revista Nature unha posible explicación do fenómeno, apoiada por simulacións informáticas.

30-UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA

Rodinia foi un supercontinente que hai 1100 millóns de anos, durante o neoproterozoico, reunía gran parte da terra emerxida do planeta. Empezou a fracturarse fai 800 millóns de anos debido a movementos magmáticos na cortiza terrestre, acompañados por unha forte actividade volcánica. O contacto de lava cos océanos e a aparición de brazos de mar no ecuador aumentaron a cantidade de vapor no aire e logo multiplicaron as choivas. Estas captaron o gas carbónico CO₂ e almacenárono en no fondo dos mares baixo forma de carbonatos. Parte da lava solidificouse nos continentes en forma de superficies basálticas que consomen moito carbono. Ao baixar a concentración de CO₂, principal gas responsable do efecto invernadoiro, diminúe a temperatura.

Logo ten lugar un proceso de retroalimentación positiva, a temperatura baixa, o que provoca a extensión dos casquetes polares. Aumenta así o albedo do planeta, é dicir que crece a proporción de luz reflectida e devolta ao espazo, por tanto a terra conserva menos enerxía solar, e arrefríase aínda máis. Este proceso autoaliméntase até chegar ao seu lóxico final: a extensión máxima dos casquetes, convertendo a terra nun planeta totalmente xeado, hai 750 millóns de anos, cunha temperatura de -20 graos no ecuador e de -80 nos polos. Dúas cuestións fundamentais. Como saíu o planeta deste círculo vicioso?, todo indica que foron os mesmos volcáns os que o fixeron.

En efecto, nun mundo de xeo, o balance da actividade volcánica é positivo en CO₂ (emíteno os volcáns), e a atmosfera foi alcanzando unha concentración 350 veces máis alta que a actual. O efecto invernadoiro fixo subir a temperatura até conseguir que, polo menos unha parte do mar se desconxelase. Como sobreviviu a vida? Nesta época, a vida estaba constituída por microorganismos acuáticos. Algunhas especies puideron sobrevivir porque ao conxelarse lentamente a auga transfórmase en xeo moi transparente, e a escasa luz que lograba atravesar a enorme capa de xeo sobre o mar bastaba para manter o primeiro eslabón da cadea alimenticia. Sen esquecer o ecosistema das dorsais oceánicas que non dependen da luz do sol e que seguramente non foi perturbado pola glaciación.

Esta saída da glaciación dá unha idea do que pode acelerar o cambio climático actual: se a temperatura dos océanos sobe algúns graos, o carbono

UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA-31

almacenado no seu fondo transformárase en burbullas de gas carbónico que se engadirán a atmosfera e empeorarán o efecto invernadoiro... outra retroacción positiva.

Variacións orbitais. Cada 250 millóns de anos, máis ou menos, a Terra sufriu un longo período de glaciacións duns 50 millóns de anos que se subdivide en épocas glaciares de 50.000 anos aproximadamente. Segundo certos astrónomos, eses ciclos, períodos e épocas ben puidesen ter como causa o paso do sol a través dos brazos da Vía Láctea. Nestes abundan as nebulosas constituídas por inmensas concentracións de gases e de po cósmico. Segundo esa teoría, o Sol tardaría uns 50 millóns de anos en atravesar un brazo galáctico e uns 50.000 anos en "varrer" unha das referidas nebulosas. Absorbería, deste xeito, unha masa importante de po interestelar, o cal tería como consecuencia un aumento sensible da súa temperatura e un incremento das súas radiacións. Así aumentaría a evaporación dos océanos terrestres e desenvolveríase o ciclo glacial.

4. Ozono. Contaminación fotoquímica

O ozono presente na atmosfera ten moi importantes repercusións para a vida, a pesar de que se atopa en cantidades moi baixas. Cando está presente nas zonas da atmosfera máis próximas á superficie é un contaminante que adoita formar parte do *smog* fotoquímico.

O ozono da estratosfera xoga un importante papel para a vida no planeta ao impedir que as radiacións ultravioletas cheguen á superficie. Un dos principais problemas ambientais detectados nos últimos anos foi a destrución deste ozono estratosférico por átomos de Cloro libres liberados polos CFCs emitidos á atmosfera pola actividade humana.

1) Ozono troposférico: contaminante no *smog* fotoquímico

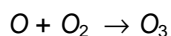
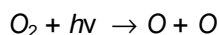
Nas zonas próximas á superficie (troposfera) o conveniente é que non haxa ozono. Cando o hai, como sucede nalgúns lugares, é un contaminante que forma parte do perigoso *smog* fotoquímico.

32-UNIDADE DIDÁCTICA 18: A ATMOSFERA

2) **Ozono estratosférico:** filtro das radiacións ultravioleta

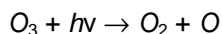
En cambio o ozono que se atopa na estratosfera, entre os 10 e 45 quilómetros, cumpre a importante función de absorber as radiacións ultravioletas procedentes do sol que poden ser moi daniñas para os seres vivos. Nos últimos decenios este ozono está a ser destruído ao reaccionar con átomos de cloro que cada vez son máis abundantes na estratosfera como consecuencia dalgúns das actividades humanas

O ozono prodúcese mediante as seguintes reacción:

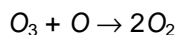


é dicir, o osíxeno molecular que se atopa nas capas altas da atmosfera é bombardeado pola radiación solar. Do amplo espectro de radiación incidente unha determinada fracción de fotóns cumpre os requisitos enerxéticos necesarios para catalizar a rotura do dobre enlace dos átomos de osíxeno da molécula de osíxeno molecular.

Posteriormente, a radiación solar converte unha molécula de ozono en unha de osíxeno biatómico e un átomo de osíxeno sen enlazar:



Durante a fase escura, (a noite dunha determinada rexión do planeta) o osíxeno monoatómico, que é altamente reactivo, combínase co ozono da ozonosfera para formar unha molécula de oxixeno biatómico:



Para manter constante a capa de ozono na estratosfera esta reacción fotoquímica debe facerse en perfecto equilibrio, pero estas reaccións son facilmente perturbables por moléculas, como os compostos clorados (como os clorofluorocarbonos) e os compostos bromurados.

Mecanismos de destrución da capa de ozono

Os CFC e Halones (CFBr) son compostos moi estables (poden ter unha vida media maior de 100 anos). Por tanto, cando son liberados á atmosfera, non son degradados e alcanzan a estratósfera.

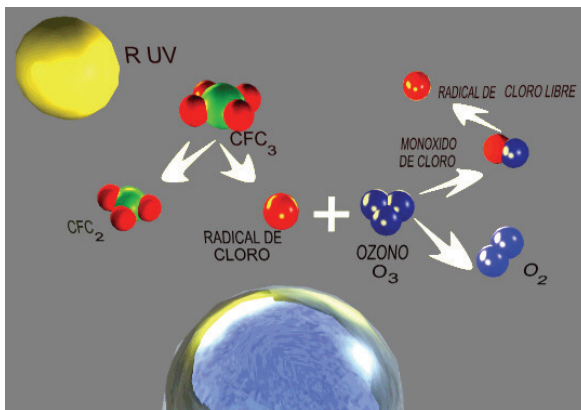


Figura 9. Mecanismos de destrución da capa de ozono
<http://ecolo.netfirms.com/ozono.jpg> (21/07/2008)

É neste lugar, onde son irradiados pola luz UV e descomponse rapidamente para liberar átomos de Cloro (ou Bromo), os cales comezan unha cadea de reaccións fotoquímicas que interfíren co ozono estratosférico, tendo como consecuencia a destrución deste último. Estímase que un átomo de cloro, antes de ser neutralizado, pode destruír 100.000 moléculas de ozono.

O seguimento observacional da capa de ozono, levado a cabo nos últimos anos, chegou á conclusión de que dita capa pode considerarse seriamente ameazada. Este é o motivo principal polo que se reuniu a Asemblea Xeral das Nacións Unidas o 16 de setembro de 1987, asinando o Protocolo de Montreal. A partir de entón o 16 de setembro celébrase o Día Internacional para a Preservación da Capa de Ozono.

O enrarecemento grave da capa de ozono provocará o aumento dos casos de melanomas (cancro) de pel, de cataratas oculares, supresión do sistema inmunitario en humanos e noutras especies. Tamén afectará os cultivos sensibles á radiación ultravioleta.

Para preservar a capa de ozono hai que diminuír a cero o uso de compostos químicos como os clorofluorocarbonos (refrigerantes industriais, propelentes), e fungicidas do solo (como o bromuro de metilo) que destrúen a capa de ozono a un ritmo 50 veces superior aos CFC.

Hai que tomar conciencia da gran cantidade de moléculas de ozono que se destrúen diariamente por culpa da actividade humana e que tomando as medidas adecuadas poderíase remediar.

Aínda que a diminución da concentración de ozono está demostrada en toda a atmosfera, é especialmente acusada na Antártida. Sobre este continente prodúcese todos os anos, nos meses de setembro a novembro, coincidindo coa primavera antártica, o chamado vórtice circumpolar, que illa o aire frío situado sobre a Antártida do máis cálido do resto do mundo. Debido ao frío fórmanse cristais de xeo, con cloro e outras moléculas adheridas, que teñen gran capacidade de destruír ozono. Así se forma o que se adoita denominar o "buraco" de ozono. Cando o vórtice circumpolar debilítase, o aire con moi pouco ozono da Antártida mestúrase co aire das zonas veciñas. Isto provoca unha importante diminución na concentración de ozono en toda a zona de ao redor, e parte de América do Sur, Nova Zelandia e Australia quedan baixo unha atmosfera máis pobre en ozono que o normal.

AVALIACIÓN

Realizarase un seguimento continuo da aprendizaxe do discente a través das actividades e tarefas realizadas como traballo persoal tanto dentro como fóra da aula.

Para superar os contidos desta unidade didáctica avaliarase ó alumnado cunha proba escrita tipo test.

As actividades prácticas (de campo e laboratorio) tales como a medición de gas radon nos domicilios avaliaranse cun traballo que será exposto na clase.

De acordo con isto os criterios de avaliación serán:

- Claridade dos conceptos expresados nos traballos realizados
- Resposta correcta como mínimo ó 50% das preguntas formuladas no test

- Proceso de investigación levado a cabo no traballo práctico así como a redacción do informe.
- Sinxeleza, claridade e organización da información na exposición do traballo práctico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

1. Spiro T. S., G., Stigliane W. (2005) Química Medioambiental Ed., Pearson Prentice Hall. España
2. Rodriguez L. A. (1984) Química e Medio Ambiente. Ed Plana , artes Graficas S. L.
3. Quindós LS, Fernández P, Soto J. National survey on indoor radon in Spain. **Environ Internat** 1991;17::449-53
4. Barros-Dios JM, Barreiro MA, Ruano-Raviña A, Figueiras A. *Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study.* **Am J Epidemiol.**2002; 156(6):548-555.
5. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM et al... Versión on-line publicada o 21/12/2004. *Radon in homes and lung cancer risk: collaborative analysis of individual data from 13 european case-control studies.* **Br Med J** 2005;330: 223-26.
6. 4. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, et al. *Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7,148 subjects with lung cancer and 14,208 subjects without lung cancer from 13 epidemiological studies in Europe.* **Scand Work Environ Health** 2006; 32:suppl 1:1-84. www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en/
7. http://www.usc.es/ampsp/pdf/radon_residencial.pdf
8. <http://www.kalipedia.com/ecologia/tema/ciclo-nitrogeno.html>



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo de profesores e alumnos de todas as materias e titulacións da universidade.



Servizo de Normalización
Lingüística