

ATMOSFERA

1. L'atmosfera: Origen, estructura i composició.
2. Energia solar i dinàmica atmosfèrica
3. Meteorologia i clima
4. La contaminació atmosfèrica
5. L'aire a les grans ciutats

An aerial photograph of a coastline, showing a mix of blue ocean water, sandy beaches, and some greenery. The text is overlaid on the image.

Tema 4

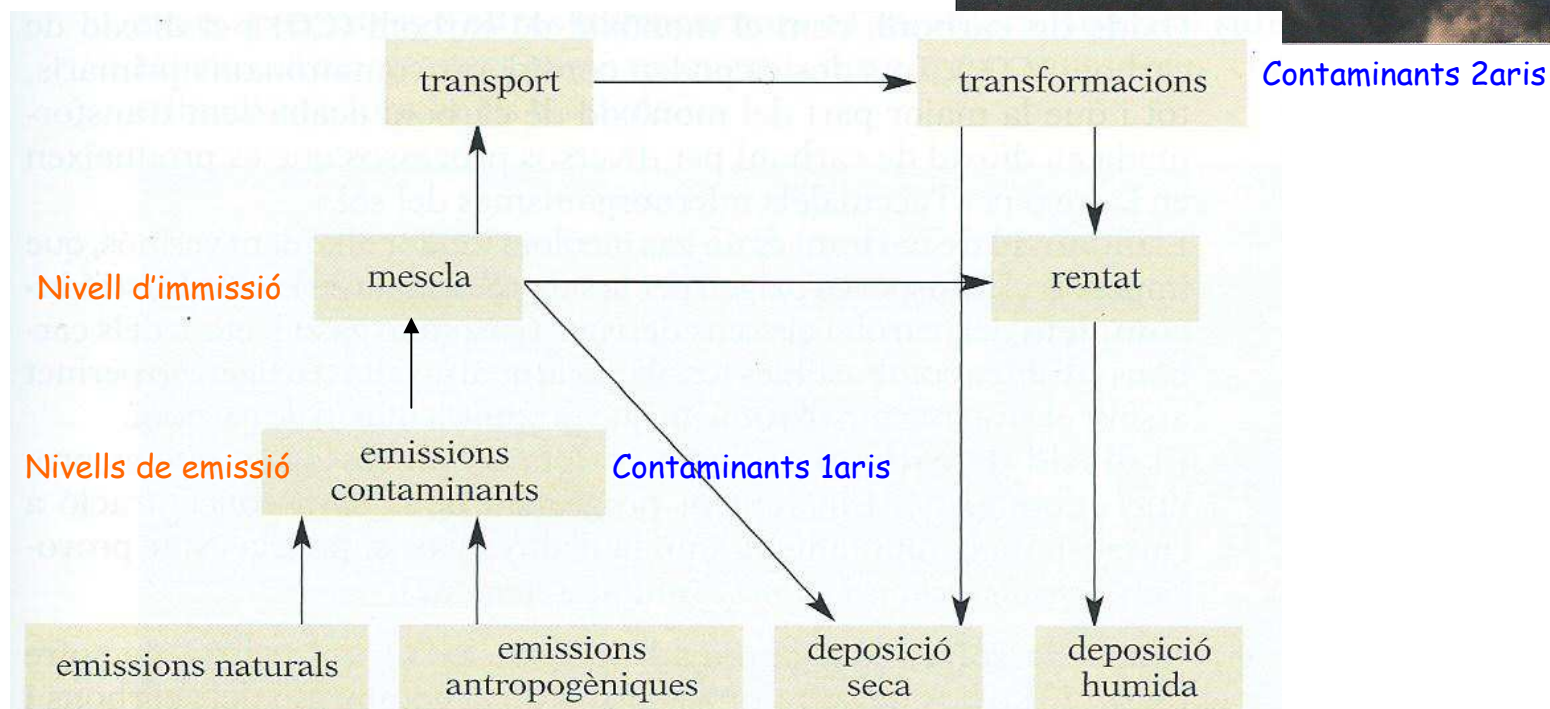
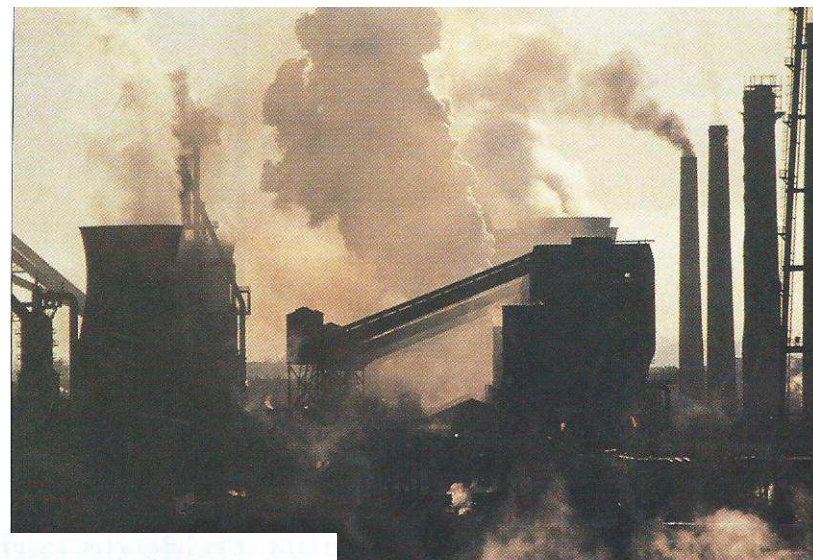
La contaminació atmosfèrica

La contaminació. Cicle dels contaminants

Contaminant: agent perjudicial per a la salut dels éssers vius o del medi ambient segons la quantitat i el lloc.

Nivells de emissió

Nivell d'immissió



Els contaminants de l'atmosfera

- Gasos

- PSS

- Boirums



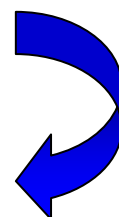
| Fonts i efectes dels principals | | |
|--|---|---|
| Contaminant | Font antròpica | Font no antròpica |
| diòxid de carboni ↓ Contaminants Iaris | Combustió de carburants fòssils. | Incendis, volcans |
| monòxid de carboni ↑ | Combustió incompleta: motors de gasolina, centrals termoelèctriques, calderes de calefacció mal regulades. | Incendis, volcans |
| hidrocarburs ↔ Contaminants Iaris CH ₄ , CFC, COV -compostos orgànics volàtils- | Combustió: motors de gasolina. | Activitat de bacteris anaerobis (pets) /Activitats humanes (conreu d'arròs, cria de bestiar, mineria de carbó, abocadors...) |
| Irritant / Contaminant Iari ↑ òxids de sofre (SO ₂ , SO) SO ₃ ↓ Contaminant 2ari | Combustió de carbons i petroli: automòbils, calderes de calefacció, centrals tèrmiques i altres instal·lacions industrials. | volcans |
| òxids de nitrogen (NO ₂ , NO) ↓ Contaminants Iaris | Combustió de temperatura elevada (superior a 1000 °C): motors de combustió interna, especialment els dièsel, centrals termoelèctriques. | Llamps |
| ozó (O ₃) ↓ Contaminants 2ari | Reaccions d'oxidació del diòxid de sofre i de transformació del NO ₂ en NO afavorides per la radiació solar. | |

Els contaminants de l'atmosfera

- **Gasos**

- PSS

- Boirums



| Contaminant | Efectes | |
|--|--|---|
| diòxid de carboni | Intensificació de l'efecte hivernacle, canvi climàtic. | |
| monòxid de carboni | Interfereix el transport d'oxigen a través de la sag. Provoca mal de cap, alteració de la coordinació de moviments. | |
| hidrocarburs | Intervenien en la formació de boirums. Agents cancerígens. | |
| òxids de sofre (SO ₂ , SO) | Formació d'àcid sulfúric en atmosfera humida: deteriorament de comunitats vegetals i conreus, irritació de les mucoses. El SO irrita fortament els ulls i les vies respiratòries superiors. És nociu per als vegetals. Corrosió de metalls. «Malaltia de la pedra». | $SO_2 + O_2 + H_2O \rightleftharpoons 2 H_2SO_4 \rightleftharpoons 4 H^+ + 2 SO_4^{2-}$ |
| òxids de nitrogen (NO ₂ , NO) | Paper important en l'aparició de boirums. El diòxid de nitrogen és tòxic per a un bon nombre d'organismes i provoca malalties respiratòries en facilitar l'aparició d'infeccions. «Malaltia de la pedra». El NO ₂ causa necrosi en les fulles de les plantes. | $4 NO + 3 O_2 + 2 H_2O \rightleftharpoons 4 HNO_3 \rightleftharpoons 4 H^+ + 4 NO_3^{2-}$ |
| ozó (O ₃) | Factor clau en la formació dels boirums. Causa tos, mal de cap i dolor pectoral en inspiracions profundes. Irritació de les mucoses, asma ↑ | |

- Gasos

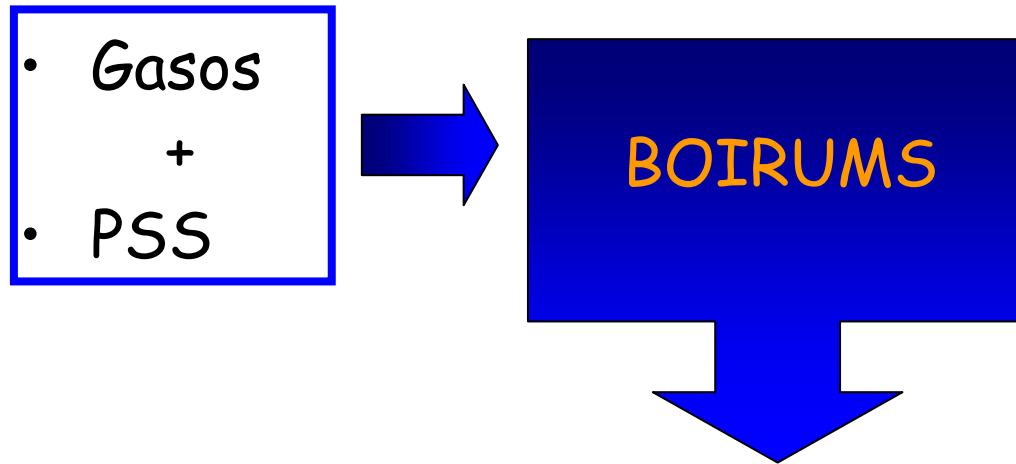
- PSS

- Boirums



- PSS = Partícules sòlides en suspensió
- Focus naturals: tempestes de sorra (erosió eòlica) / erupcions volcàniques
- Focus antròpics: fums dels cotxes (combustions) / Mines a cel obert (partícules de minerals i roques) / serradores
- Classificació:
 - × $>30 \mu\text{m}$ → sedimenten ràpidament. Es filtren al respirar
 - × $10 - 30 \mu\text{m}$ → poden romandre més temps es suspensió. Es filtren al respirar
 - × $< 10 \mu\text{m}$ → Es dipositen en els alvèols i no es poden eliminar.
 - × $< 1 \mu\text{m}$ → fums

| Fonts i efectes dels principals contaminants | | |
|--|---|---|
| Contaminant | Font antròpica | Efectes |
| partícules sòlides en suspensió (PSS) | Activitats mineres, agricultura, indústria del ciment, altres activitats industrials (que alliberen fums), transport (automòbil). | Al·lèrgies, intoxicacions, malalties respiratòries. Agents cancerígens. |



Es dona a les grans ciutats
Afavorits per les condicions anticiclòniques

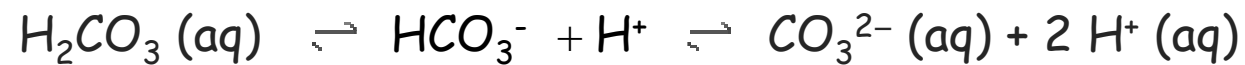


| Principals efectes locals produïts pels contaminants de l'aire | | | |
|---|--|---|---|
| Tipus de contaminant | Salut | Vegetació | Materials |
| • Partícules | <ul style="list-style-type: none"> • Irritació de les membranes internes en les vies respiratòries. • Disminució de la capacitat respiratòria. | <ul style="list-style-type: none"> • Obstrucció dels estomes. • Reducció de la fotosíntesi. • Necrosi i caiguda de fulles. | <ul style="list-style-type: none"> • Erosió per abrasió en els edificis. • Deposició sobre els edificis. |
| • Compostos de sofre: SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S | <ul style="list-style-type: none"> • El SO₂ provoca irritació a les mucoses i els ulls. • El H₂S provoca males olors. | <ul style="list-style-type: none"> • El SO₂ provoca una pèrdua de color en les fulles (clorosi) i necrosi. • Redueix el creixement i el rendiment de la vegetació. | <ul style="list-style-type: none"> • El SO₂ a la calcària en provoca la demolició. En el paper provoca esgrogueïment i en el cuir, una pèrdua de flexibilitat i resistència. En els metalls provoca corrosió. |
| • Compostos orgànics: hidrocarburs, COV dioxines i furans | <ul style="list-style-type: none"> • Causen irritació dels ulls i de les vies respiratòries. • Les dioxines alteren el sistema reproductor. • Les dioxines i els furans tenen efectes cancerígens i mutàgens. | | |
| • Òxids de nitrogen: NO ₂ , NO, N ₂ O | <ul style="list-style-type: none"> • El NO₂ provoca malalties a les vies respiratòries, agreujament dels processos asmàtics. És tòxic per a algunes espècies. • Irritacions oculars, del coll, cefalees. | <ul style="list-style-type: none"> • El NO₂ anul·la el creixement de determinada vegetació (tomàquets, mongetes, etc.). | <ul style="list-style-type: none"> • El NO₂ provoca pèrdua de color en els teixits de la roba. |
| • Òxids de carboni: CO ₂ —CO | <ul style="list-style-type: none"> • El CO és tòxic i provoca irritació de les mucoses. | | |
| • Compostos halogenats: Cl ₂ , HCl, HF, CFC | <ul style="list-style-type: none"> • El clor és tòxic i provoca irritació de les mucoses. • El HF s'acumula als ossos. | <ul style="list-style-type: none"> • El HF s'acumula a la gespa i passa a la resta de cadenes tròfiques. • El HF provoca pèrdua de color en les fulles. | |
| • Oxidants fotoquímics: ozó | <ul style="list-style-type: none"> • A causa de l'elevada capacitat oxidant, provoca irritacions al nas i al coll; també causa fatiga i manca de coordinació. | <ul style="list-style-type: none"> • El O₃ i els PAN provoquen taques blanques en la vegetació. | <ul style="list-style-type: none"> • Produeixen desintegració del cautxú i corrosió dels metalls. |
| • Aldehids | <ul style="list-style-type: none"> • Irritació de les mucoses oculars. | | |

| Les fonts més importants de contaminació | | |
|---|---|--|
| Procés | Principals contaminants | Emissions |
| combustió en instal·lacions fixes (indústria i centrals termoelèctriques) | PSS (pols i cendres), NO ₂ , SO ₂ , CO | 0,5-1,5% del pes del combustible cremat |
| motors d'automòbils | PSS (fums, Hg, Pb), NO _x , CO, CO ₂ hidrocarburs (motors no equipats amb catalitzador) CO ₂ (motors equipats amb catalitzador) | 4-7% de la gasolina consumida |
| indústries del petroli | PSS (pols i fums), SO ₂ , NH ₃ , CO, hidrocarburs | 0,25-1,5% del pes de les substàncies tractades |
| indústria química | PSS (fums, pols, polvoritzacions) SO ₂ , NH ₃ , CO, àcids, compostos orgànics, dissolvents, compostos pestilents (gran varietat segons el procés) | 0,5-2% del pes de les substàncies tractades |
| incineració d'escombraries | PSS (fums, pols), SO ₂ , HCl, àcids orgànics | 0,5-2% del pes de les escombraries tractades |

La pluja àcida

- La pluja acostuma a ser lleugerament àcida pH = 5,2- 5,6



- pH < 5 → pluja àcida

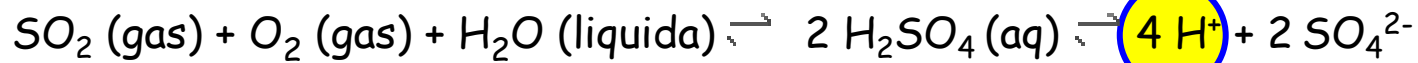
erupcions volcàniques

indústria metal·lúrgica

Combustió de carbó, petroli: automòbils,
calderes de calefacció, **centrals tèrmiques**,....

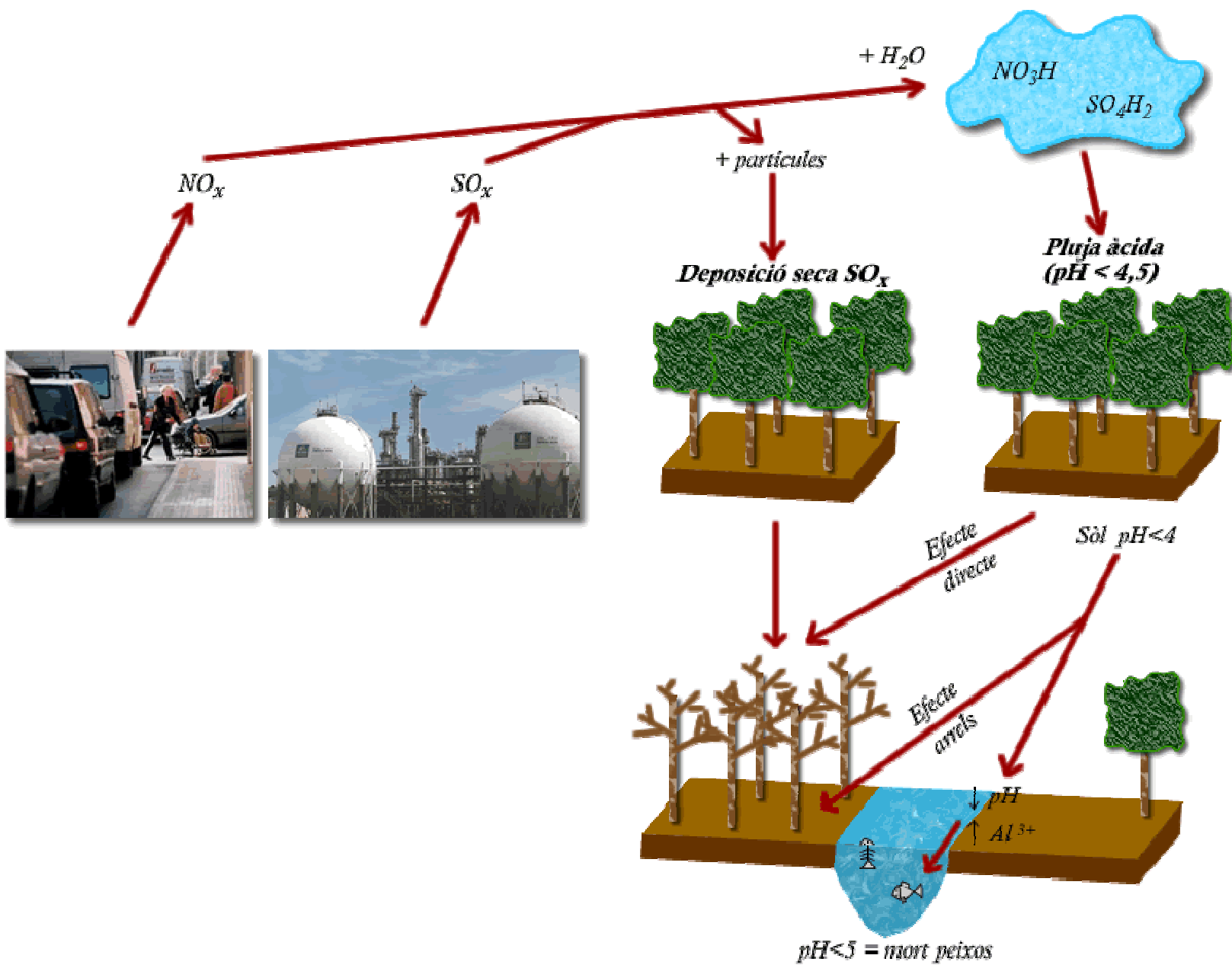
Incineració d'escombreries

Fabriques de paper i cartró

SO₂ (diòxid de sofre)**NO (monòxid de nitrogen)**

Llamps

Combustions a $T \uparrow > 1000^\circ\text{C}$: motors de combustió interna de
cotxes i avions (diesel), **centrals termoelèctriques**....



Infografia: http://www.iesmariazambrano.org/Departamentos/flash-educativos/lluvia_acida.swf

Efectes = Impactes

Ecosistemes terrestres

Acidificació del sòl
Disminució de nutrients
Moblització de metalls tòxics → Al^{3+}
Corrosió per contacte directe

Ecosistemes aquàtics:

- Increment del grau d'acidesa

supera tolerància dels éssers vius
• Moblització de metalls → Al^{3+}

Salut humana

Moblització de metalls tòxics

Contaminació d'aigua potable i
organismes aquàtics

Malalties cardiovasculars
Malalties respiratòries
Conjuntivitis
Al·lèrgies

Materials de construcció monuments



Roques $CaCO_3$ → malaltia de la pedra

La central térmica de Andorra causa una importante degradación ambiental en las zonas limítrofes debido a sus importantes emisiones de gases contaminantes. Es una de las más contaminantes dentro de su categoría en Europa.

Se considera que la central térmica es responsable de la lluvia ácida producida en las provincias de Teruel y Castellón entre 1984 y 1987, devastándose 200.000 ha de bosques del Maestrazgo. En 1988, veinticinco Ayuntamientos de la provincia de Castellón presentaron una denuncia por delito ecológico, en la que se incluyó la petición de un año de cárcel contra el anterior presidente de Endesa (Feliciano Fuster) por su presunta responsabilidad en la contaminación. La denuncia se retiró tras un acuerdo entre Endesa, ecologistas, ayuntamientos, Generalitat Valenciana y Ministerio de Agricultura. Este acuerdo incluía un compromiso de fuertes inversiones para reducir las emisiones de SO_2 de la central, firmándose un convenio por el que Endesa y la Generalitat aportaban 2.000 millones de pesetas cada una y el Ministerio de Agricultura 1.000 millones para paliar los daños ambientales causados por la central.

En 1992 los compromisos a los que se llegaron se materializaron en la instalación de unos filtros para el dióxido de azufre generado en la combustión y en la construcción de una planta desulfuradora.

En 1994 se creó una comisión de seguimiento medioambiental en el Maestrazgo y Els Ports (CEAM) que mediante estudios y labores de vigilancia tienen el objetivo de vigilar las emisiones contaminantes de la central térmica de Andorra.

Según un informe presentado por Greenpeace en 2008, la térmica de Andorra ocupaba el 4º puesto entre las centrales de carbón más contaminantes de España, con una media anual de 6.828.042 toneladas de CO_2 .



Gestió



Vehicles

Convertidors catalítics

95% gasos tòxics

1979: **Conveni sobre contaminació transfronterera** (EEUU, Canadà, Europaoccidental):

- Normativa sobre les concentracions màximes d'emissions tolerades
- Impostos
- Tecnologies noves per a l'eliminació del SO_x i NO_x

1988 CEE: Les emissions de les **central tèrmiques** es reduiran

- un 57% de SO_x respecte dels nivells de 1980 per a l'any 2003
- un 30 % de NO_x respecte dels nivells de 1980 per a l'any 1998.

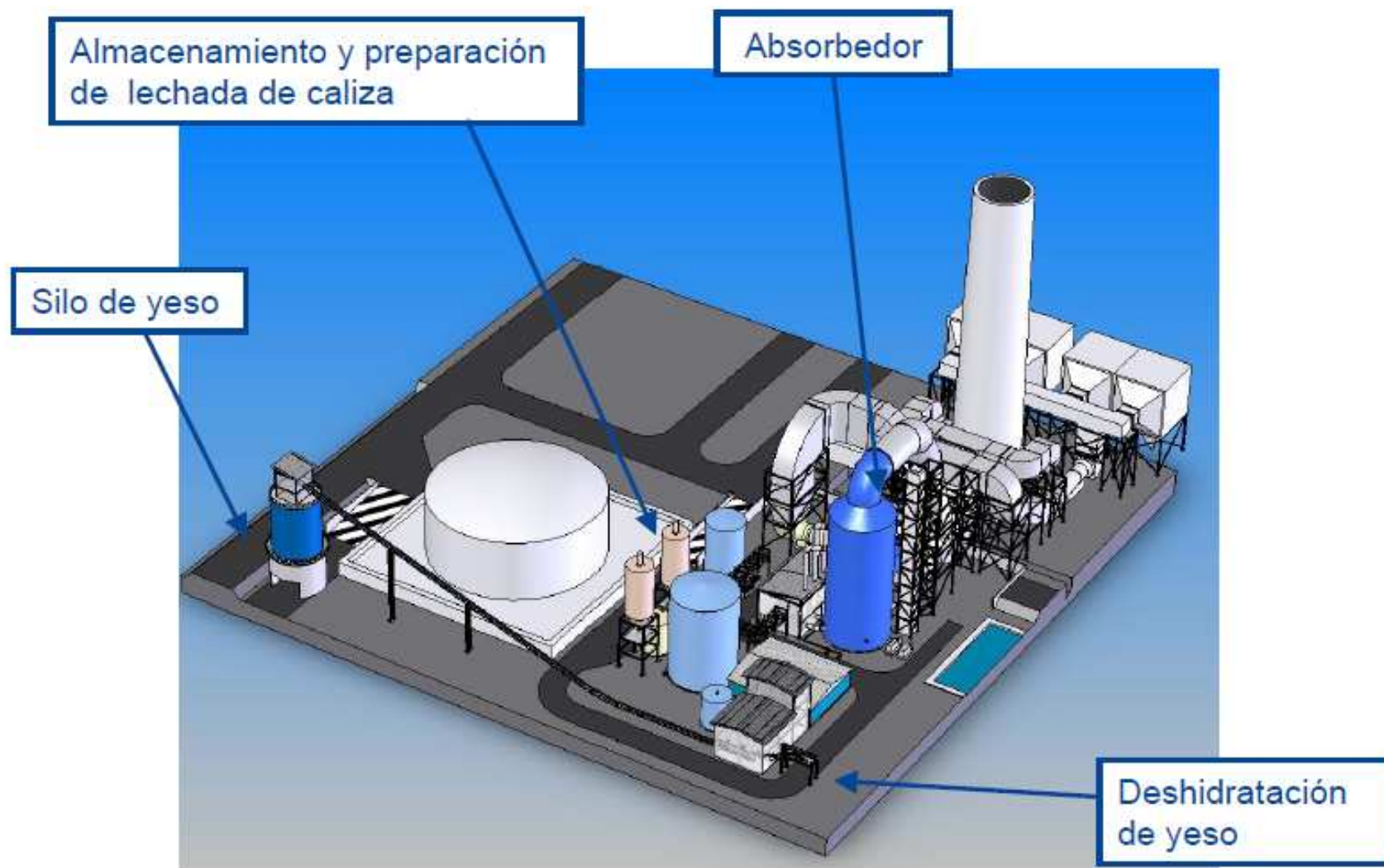
Instal·lar equips de desulfuració



Guix

Combustibles amb baix contingut de sofre

Ex: Tancament de les mines de Terol



Metalls a l'aire?

A l'atmosfera hi ha una gran varietat de metalls, que normalment s'hi troben en forma d'òxids que constitueixen partícules sòlides d'entre 0,1 i 1 μm de diàmetre. Prop del 40% de les emissions totals de metalls tenen origen natural i provenen de l'erosió del sòl. Les activitats humanes aboquen anualment gairebé 800.000 tones de metalls a l'atmosfera. Els metalls tenen nombroses aplicacions, especialment en la indústria metal·lúrgica, els pigments de les pintures i els catalitzadors; en l'agricultura s'empren en els pesticides, cosa que provoca que una certa quantitat s'emeti a l'aire.

Però també hi ha emissions directes en processos de combustió de carburants fòssils i en la incineració de residus. El plom és un paradigma de contaminació antropogènica, ja que els humans som els únics responsables de la seva presència a l'aire. L'absorció continuada de plom pot causar alteracions del sistema nerviós, trastorns vasculars i impedir la formació de glòbuls vermells. El 70% del plom que hi ha a l'aire prové dels automòbils, en concret de la combustió de les gasolines que en contenen, a les quals s'afegeix com a antidetonant. La pràctica totalitat del plom a l'aire de les ciutats dels països on es fa servir gasolina amb plom prové del tub d'escapament dels cotxes. L'ús de catalitzadors en els motors dels cotxes nous, que utilitzen gasolina sense plom, comença a fer disminuir el problema.

1. Creus que el plom és actualment un problema a les ciutats dels països desenvolupats? Explica per quines raons.
2. Quins països creus que encara fan servir majoritàriament gasolina amb plom? Per què? De quina manera creus que es podrà reduir la contaminació causada per aquest metall?



Processant informació

El volcà Pinatubo

El volcà Pinatubo, situat a les illes Filipines, feia 600 anys que estava inactiu. El 2 d'abril de 1991 va entrar en erupció i emeté una gran quantitat de gasos i cendres a l'atmosfera. A mitjan maig expel·lia unes 500 tones diàries de diòxid de sofre, tot i que aquesta quantitat es va reduir fins a 280 tones diàries cap al 4 de juny. Els dies 15 i 16 de juny de 1991, l'erupció del Pinatubo es va convertir en la més important del segle. La taula següent mostra la quantitat de gasos que van ser emesos durant l'erupció principal.

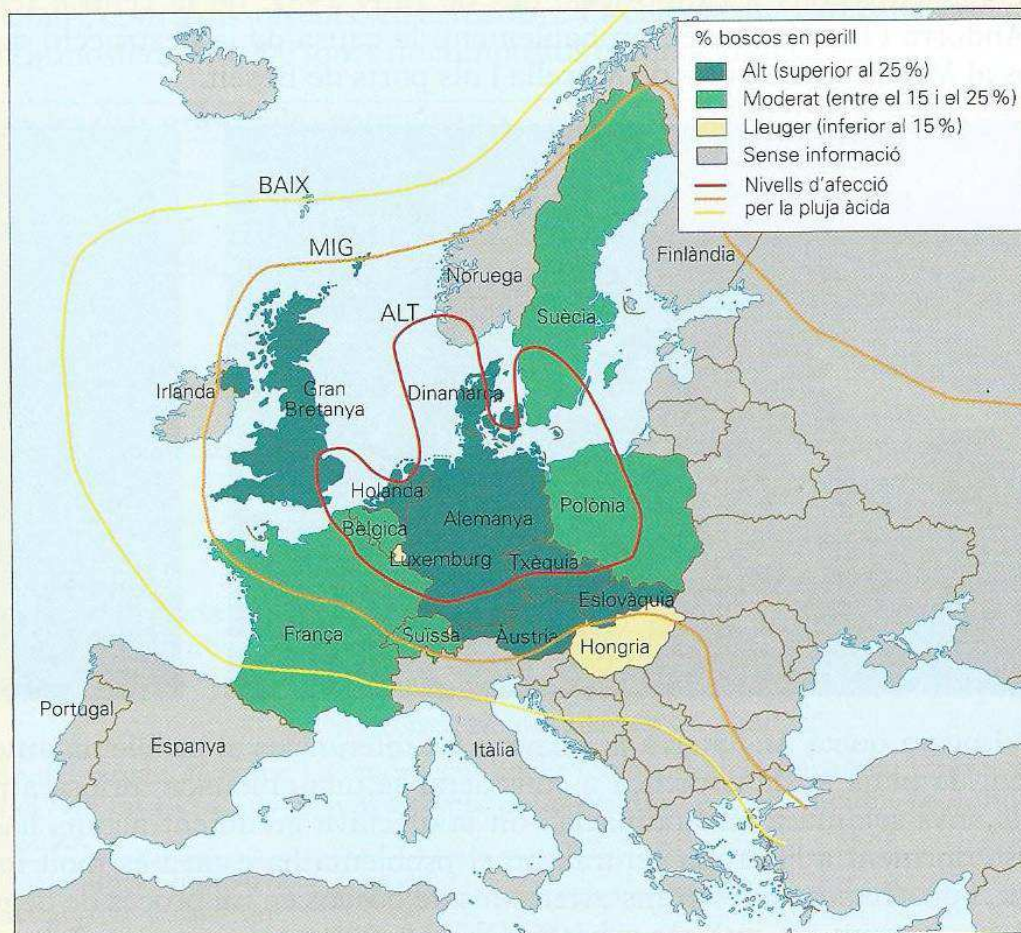
| Gas | Milions de tones (10 ⁶ tones) |
|---------------------------------------|--|
| diòxid de sofre (SO ₂) | 17 |
| diòxids de carboni (CO ₂) | 42 |
| clor (Cl ₂) | 3 |
| aigua (H ₂ O) | 491 |

1. A partir de les dades de la taula i suposant que en el període del 2 d'abril al 14 de maig la taxa d'emissió diària de diòxid de sofre era de 100 tones, del 15 de maig al 4 de juny era de 500 tones i del 4 al 15 de juny, de 280 tones, determina la quantitat total aproximada de diòxid de sofre que el volcà va emetre a l'atmosfera des de principi d'abril fins al 16 de juny. Expressa-ho en milers de tones.
2. Si l'atmosfera rep com a mitjana cada any 30 milions de tones de diòxid de sofre d'origen natural, quin percentatge va representar l'aportació de l'erupció del Pinatubo a les emissions totals d'aquest gas?
3. Hi ha cap manera d'evitar aquestes emissions a l'atmosfera? Per què?

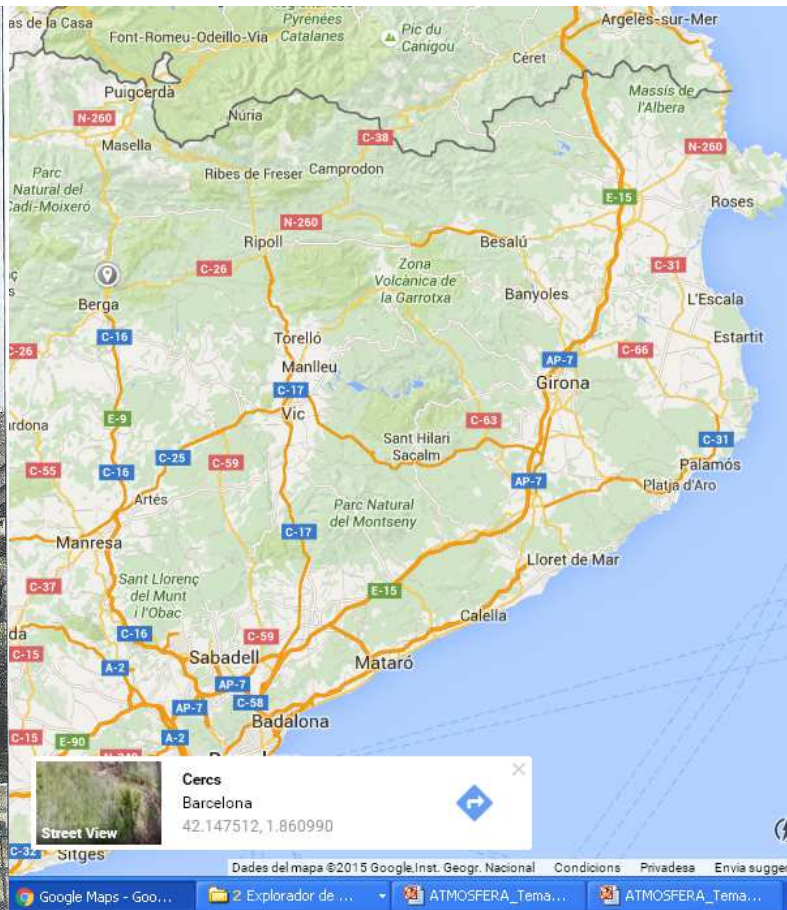
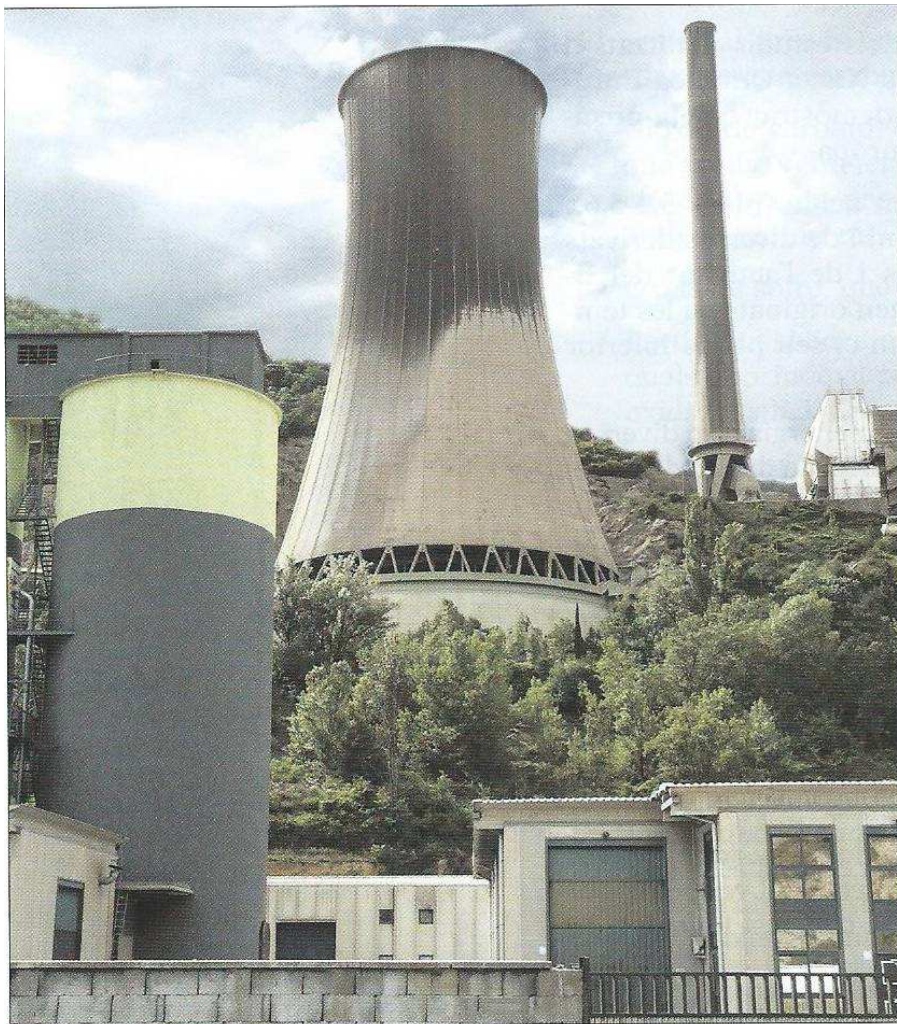
Interpretació

La pluja àcida és un problema que afecta el medi ambient d'una gran quantitat de països. A Europa suposa innombrables pèrdues econòmiques que superen les fronteres del país responsable. El mapa adjunt, elaborat per Mark Bennett, de la Universitat de Southampton, representa dues variables:

- Les línies indiquen els diferents nivells d'afecció produïda per la pluja àcida.
 - La trama indica el percentatge de boscos en perill.
- Segons la informació d'aquest mapa, quins són els nivells d'afecció per la pluja àcida i el percentatge de boscos malmesos d'Alemanya, Hongria, la Gran Bretanya i Espanya? Quins països tenen més del 25% dels seus boscos en perill? Quina relació podem establir entre les dues variables representades (nivell d'afecció per la pluja àcida i estat dels boscos)?
 - Què és la pluja àcida? Quins responsables i quines causes té? Indiqueu tres efectes de la pluja àcida sobre el medi.



La central térmica de Cercs

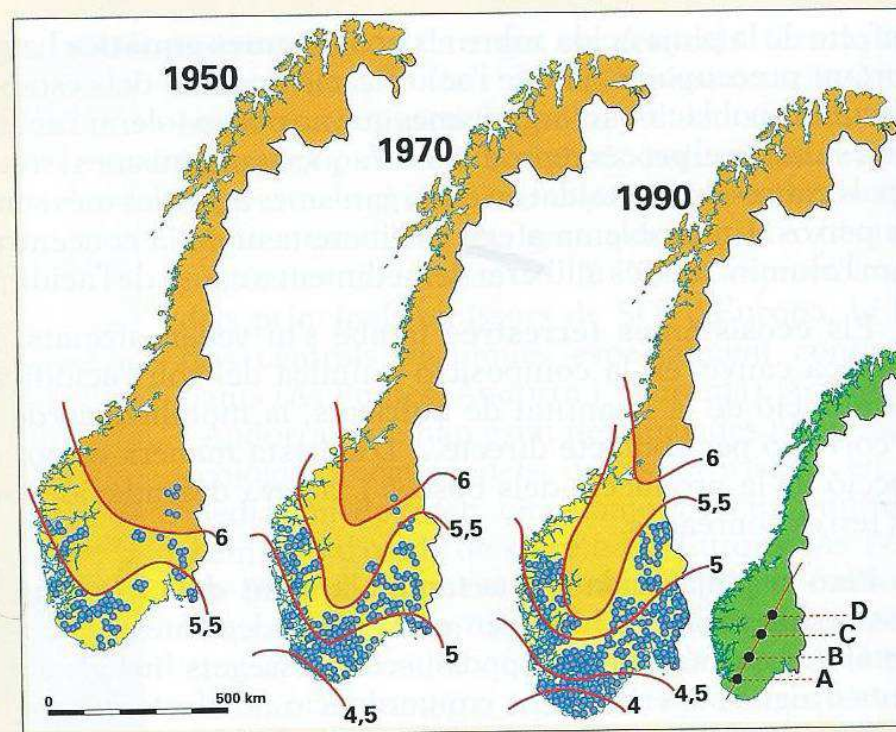


Aplicació

L'avanç de la pluja àcida

Els mapes adjunts mostren l'acidificació progressiva que s'ha observat en els llacs de Noruega (zones puntejades) i indiquen en forma d'isolínies els valors del pH mesurats en l'aigua de pluja.

1. Quan va començar a aparèixer el problema de la pluja àcida a Noruega? Justifica la resposta.
2. A partir de l'evolució de les isolínies, pots indicar, a grans trets, la direcció dels vents predominants en aquesta regió escandinava? Raona-ho. A continuació, localitza mentalment Noruega en un mapa d'Europa. Ets capaç de situar l'origen de la pluja àcida? Explica-ho.
3. La taula correspon a una de les localitats assenyalades en el segment del quart mapa (A, B, C, D).
 - a) Justifica a quina de les quatre localitats pertanyen aquestes dades.
 - b) Argumenta de quina manera les dades de la taula corroboren l'explicació de l'origen de la pluja àcida.
4. Pots predir com serà el mapa d'isolínies del pH de l'aigua de pluja l'any 2010 si no s'aplica cap mesura correctora? Explica-ho.
5. Quines mesures de correcció s'hauran de prendre perquè no s'accentui el procés que s'observa?



Concentració d'ions i pH en l'aigua de pluja

| Any | pH | [H ⁺] | [SO ₄ ²⁻] | [NO ₃ ⁻] |
|------|-----|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1950 | 5,4 | 4 | 15 | 0 |
| 1970 | 4,3 | 48 | 26 | 26 |
| 1990 | 3,9 | 114 | 55 | 50 |

Aplicació

Pluja àcida i teoria de sistemes

El planeta Terra es pot considerar un gran sistema, suma d'altres sistemes menors que interactuen entre ells (atmosfera, hidrosfera, geosfera, biosfera). Es pot entendre que aquests sistemes menors són els components del planeta. Tot seguit es detallen algunes de les característiques dels sistemes:

- a) El canvi en un component del sistema afecta tots els altres components i repercuteix sobre la forma i el funcionament de tot el sistema.
 - b) Hi ha mecanismes d'autoregulació, o resposta als canvis, que tendeixen a restablir l'equilibri perdut.
 - c) Tenen una capacitat limitada per absorbir els canvis.
1. Utilitza l'origen i el mecanisme de formació de la pluja àcida per justificar aquests tres enunciats.
 2. Quins sistemes menors es troben relacionats amb el procés de la pluja àcida? De quina manera?