

Unitat 11

L'atmosfera: estructura, composició i dinàmica.
La contaminació atmosfèrica. Mètodes de
determinació i de correcció.

1. L'atmosfera: composició, estructura i funcions.
2. Balanç energètic global de la Terra
3. Dinàmica de l'atmosfera
4. Humitat atmosfèrica i precipitacions
5. La contaminació atmosfèrica

1. L'atmosfera. Composició, estructura i funcions

L'atmosfera és la capa gasosa que envolta la Terra. Es troba unida a ella per atracció gravitatòria.

El límit superior de l'atmosfera es pot establir al voltant dels 10.000 km. La major part de la massa de l'atmosfera és situada molt a prop de la superfície terrestre, comprimida per la gravetat, de manera que el 50% es troba en els primers 6 km d'alçada. La densitat de l'atmosfera disminueix molt ràpidament amb l'altitud. Com més gran és l'altura, més baixa és també la pressió atmosfèrica.

Composició de l'atmosfera

En relació amb la seva composició podem dividir l'atmosfera en dues parts ben diferenciades: l'**homosfera**, que ocupa els 80-90 km inferiors i té una composició homogènia, i l'**heterosfera**, que ocupa des dels 90 km d'altura aproximadament fins al límit superior i que té una composició heterogènia formada per 4 estrats amb composicions diferents.

Composició homosfera (en aire sec)

Components	%
Nitrogen (N ₂)	78,083
Oxigen (O ₂)	20,945
Argó (Ar)	0,934
Diòxid de carboni (CO ₂)	0,035
Altres gasos (Ne, He, Kr, Xe, H ₂ , CH ₄)	0,003

Les escasses variacions que presenta l'homosfera en altura estan relacionades amb el vapor d'aigua, l'ozó i les partícules sòlides en suspensió:

- La presència de *vapor d'aigua*, és molt variable, augmenta en les capes més baixes, de forma que pot arribar a representar fins a un 4% de l'aire prop del sòl, però està quasi absent per damunt dels 10 o 12km. Varia també segons les zones climàtiques (deserts, selves, etc)
- L'*ozó* es troba concentrat principalment entre els 15 i els 35 km, encara que també pot aparèixer en la troposfera com a contaminant.
- En les capes més baixes de l'atmosfera, l'aire conté també infinitat de *partícules sòlides en suspensió*, d'origen divers (pol·len, sorres, fums, espores, cendres volcàniques, sals marines, meteorits, etc)

Composició heterosfera

Estrats	Altura en km
Capa de nitrogen molecular (N ₂)	de 90 a 200 km
Capa d'oxigen atòmic (O)	de 200-1100 km
Capa d'heli (He)	de 1100-3500 km
Capa d'hidrogen atòmic (H)	de 3500-10000 km

Estructura de l'atmosfera

El comportament tèrmic de l'atmosfera no presenta una uniformitat al llarg de tot el seu gruix, de vegades la temperatura disminueix amb l'altura i de vegades augmenta. Atenent aquests canvis l'atmosfera està estructurada en diverses capes. Els límits entre aquestes capes s'anomenen **pauses**.

La **troposfera** és la capa inferior de l'atmosfera. El seu gruix varia segons la latitud, i oscil·la entre els 8 km dels pols i els 16 km de l'equador (una mitjana de 12 km). Malgrat que és la capa més petita de l'atmosfera, és molt important ja que hi tenen lloc tots els fenòmens atmosfèrics. En ella es produeixen importants moviments verticals i horitzontals de les masses d'aire. La temperatura disminueix progressivament amb l'altura (a raó de $6^{\circ}\text{C}/\text{Km}$) fins arribar a valors mitjans d'uns 60°C sota zero a la *tropopausa*. A la troposfera es troba la major part del vapor d'aigua i del diòxid de carboni atmosfèrics. És la capa més densa de l'atmosfera.

L'**estratosfera** s'estén des de la tropopausa fins als 50 km d'altura. La temperatura hi augmenta progressivament fins assolir valors propers als 0°C a l'*estratopausa*. En aquesta capa no hi ha moviments verticals d'aire, només moviments horitzontals, a causa de la seva disposició en estrats superposats. Entre els 15 i 35 km d'altura hi ha la zona que conté la concentració més elevada d'ozó, gas responsable del filtratge dels raigs ultraviolats del sol i per tant imprescindible per a la conservació de la vida en el planeta. L'absorció de la radiació en la capa d'ozó explica que la temperatura augmenti a partir d'aquesta zona.

La **mesosfera** ocupa la zona situada entre els 50 i els 80 km d'altura. La temperatura hi torna a disminuir fins a valors d'uns -90°C en la *mesopausa*. Tot i que la seva densitat és molt reduïda, és suficient perquè el fregament de les partícules que conté provoqui la inflamació de la immensa majoria de meteorits i la formació d'estels fugaços.

La **termosfera** s'estén fins als 600 km d'altura i es caracteritza per un fort augment de la temperatura, arribant a valors de l'ordre dels 2000°C . Entre la mesopausa i els 400 km d'altura les partícules gasoses absorbeixen la major part de les radiacions d'alta energia, X i γ , de l'espectre solar, ionitzant-se i donant lloc a corrents elèctrics. Aquesta part basal de la termosfera es coneix sovint amb el nom d'**ionosfera**. En aquesta part es produeix una reflexió de les ones de radio, cosa que permet les *radiotransmissions a llarga distància*. La interacció dels ions amb partícules atòmiques d'origen solar que es concentren seguint les línies de força del camp magnètic terrestre, en les zones polars, produeix els espectaculars fenòmens lluminosos coneguts com *aurores boreals*.

L'**exosfera** és l'última capa de l'atmosfera. Els gasos que la formen s'hi troben en concentracions molt baixes. Aquí la densitat de partícules és tan baixa que impossibilita pràcticament la transmissió de calor, amb la qual cosa ja no te sentit parlar de temperatures en aquesta capa. Cap als 10000 km la densitat de gasos és ja similar a la de l'espai exterior.

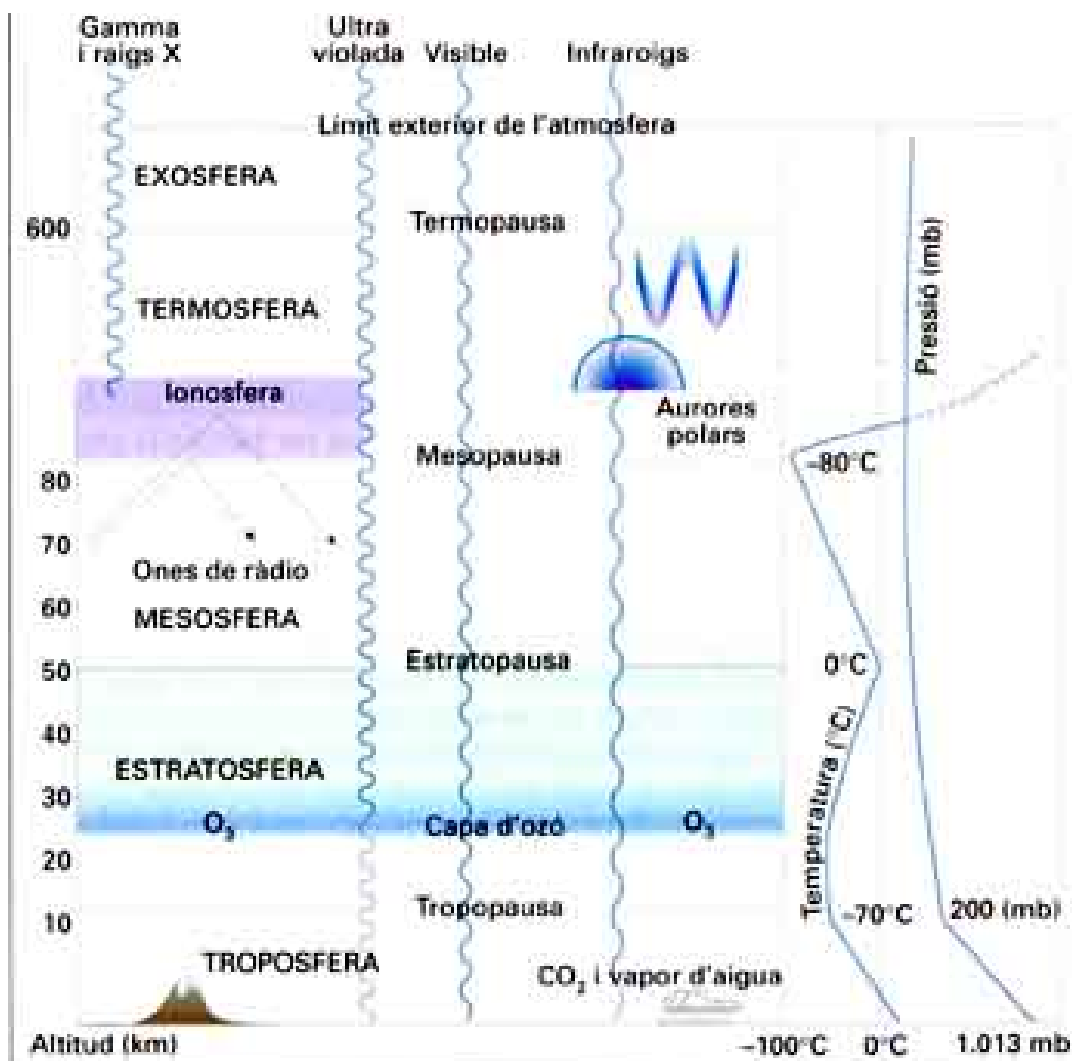
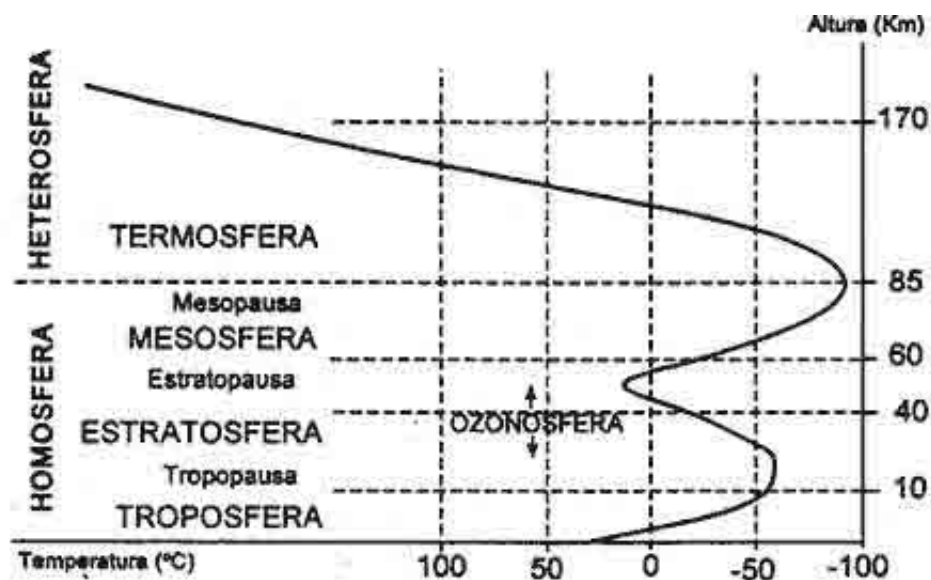


Figura 4.2. Capes atmosfèriques: estructura, funció filtradora, temperatura i pressió.

Funcions de l'atmosfera

L'atmosfera té importants funcions per al nostre planeta. Tot seguit les enumerem de manera resumida:

- Filtra les radiacions solars nocives, gràcies a la capa d'ozó que és capaç d'interceptar prop del 90% dels raigs ultraviolats solar.
- Evita grans contrastos tèrmics, com a conseqüència de l'efecte hivernacle que provoquen alguns gasos que la componen.
- Impedeix la caiguda constant de material còsmic, ja que la gran majoria de meteorits atrets pel camp gravitatori de la Terra, se sublimen pel fregament amb els gasos atmosfèrics durant la caiguda.
- Conté el diòxid de carboni necessari perquè les plantes puguin dur a terme la fotosíntesi.
- Conté l'oxigen necessari per als organismes que respiren.
- Completa el cicle de l'aigua, ja que gràcies a les precipitacions l'aigua que s'evapora retorna a la superfície terrestre.

2. Balanç energètic global de la Terra

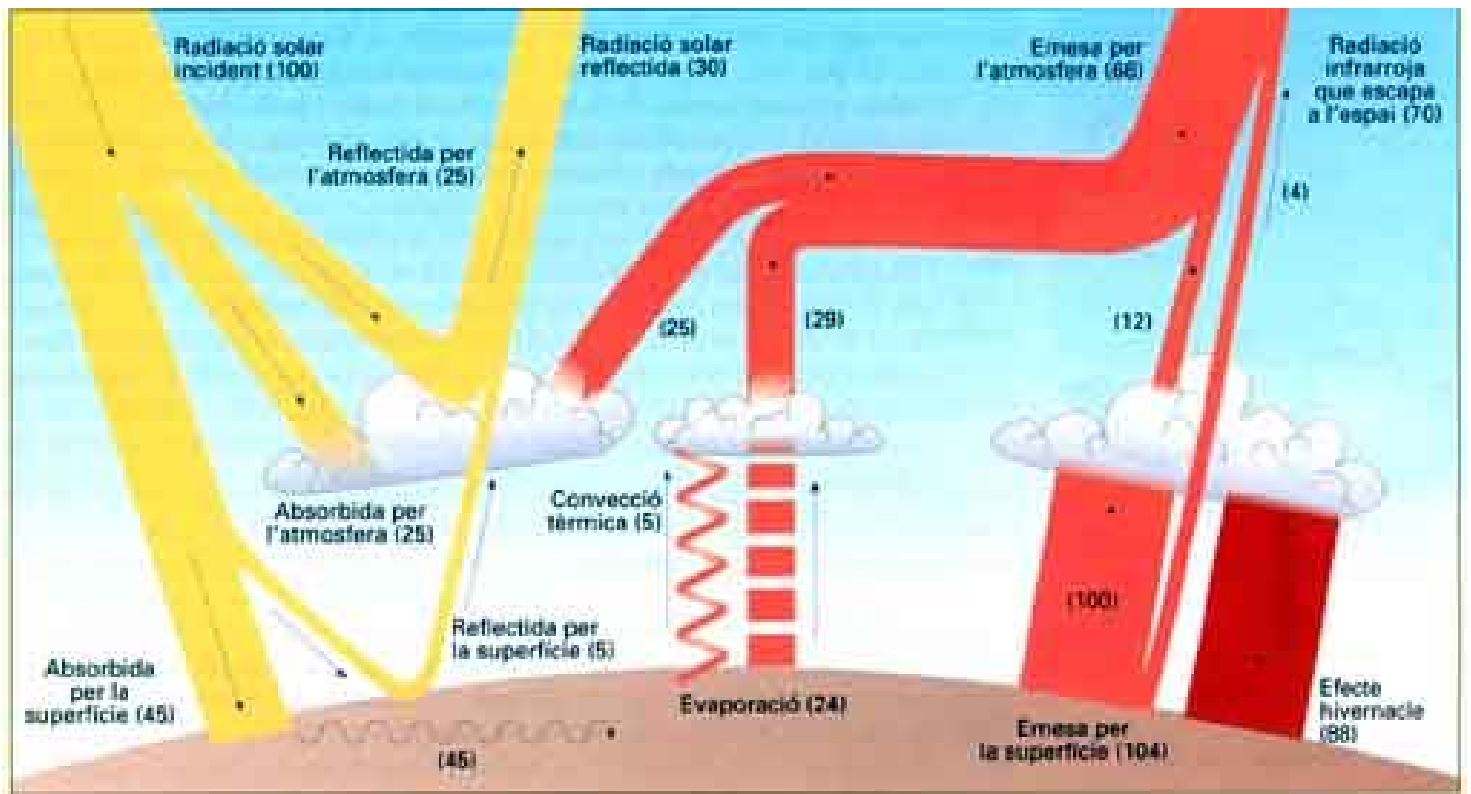
La dinàmica atmosfèrica està impulsada directament per l'energia solar. La Terra, a nivell global, es troba en una situació d'**equilibri tèrmic**, és a dir, rep tanta energia com emet. El balanç entre l'energia rebuda i l'energia radiada a l'exterior ha romàs en equilibri al llarg de la història de la Terra, amb algunes fluctuacions transitòries que s'han traduït en canvis climàtics.

Gran part de l'energia procedent del Sol es absorbeix pel planeta (ja sigui per l'atmosfera o per la superfície terrestre) i la resta és reflectida (majoritàriament per la mateixa atmosfera, on els núvols i les partícules en suspensió impedeixen l'entrada d'aquesta energia).

Les radiacions X i γ s'absorbeixen a la ionosfera, gran part de la radiació ultraviolada s'absorbeix a l'ozonosfera i la radiació infraroja és absorbeix per l'aigua i CO₂ troposfèrics. L'atmosfera però, és totalment transparent a les longituds d'ona que constitueixen l'espectre del visible. De l'energia que arriba a la superfície terrestre, part és absorbeix pel terra (o l'aigua) incrementant així la seva temperatura, i part és reflectida per la superfície terrestre. S'anomena **albedo**, el percentatge d'energia reflectit per una superfície.

La Terra, al seu torn també emet energia cap a l'espai, i ho fa principalment mitjançant tres processos: per emissió del terra o de la superfície dels oceans de radiació infraroja cap a l'atmosfera, per convecció (elevació de l'aire que es troba arran de la superfície i que s'escalfa) i per la transferència de calor latent procedent de l'evaporació de l'aigua, quan aquesta passa de vapor a líquid o sòlid en el si de l'atmosfera.

Un interessant procés energètic que cal destacar és l'**efecte d'hivernacle** segons el qual, diversos gasos atmosfèrics (CO₂ i vapor d'aigua principalment) tornen a reemetre, en forma de radiacions infraroges, part de l'energia que la superfície terrestre havia emès. Aquest fenomen té un paper clau en el manteniment de les suaus temperatures que de mitjana enregistra la Terra.



3. Dinàmica de l'atmosfera

Tot i que a nivell global la terra és troba en una situació d'equilibri tèrmic, a nivell local i per a períodes curts de temps es generen desequilibris tèrmics, com a conseqüència del diferent comportament tèrmic entre la terra i l'aigua i per les diferències d'insolació en funció de la latitud. Per corregir aquests desequilibris s'estableixen sistemes complexos de circulació en les capes fluïdes del planeta (atmosfera i hidrosfera) que condueixen el calor de les zones amb un superàvit tèrmic (reben més energia de la que emeten) cap a les zones que presenten un dèficit tèrmic (emeten més energia de la que reben), configurant així una complexa dinàmica de circulació oceànica i una no menys complexa dinàmica de circulació atmosfèrica.

Temperatura de l'aire en superfície

La temperatura de l'aire en superfície depèn **a)** de la quantitat de radiació solar rebuda en un punt (insolació), la qual cosa depèn de la latitud (disminueix des de l'equador cap als pols) i **b)** del diferent comportament tèrmic del sòl i de l'aigua (amb la mateixa insolació, el sòl es calenta més de pressa que l'aigua ja que l'aigua té una calor específica més gran)

Els instruments que es fan servir per enregistrar la temperatura són els *termòmetres de màximes i mínimes*. La distribució de temperatures en superfície s'expressa mitjançant els **mapes d'isotermes**. Les *isotermes* són línies que uneixen punts amb la mateixa temperatura.

A mesura que augmenta la temperatura de l'aire (si la pressió és constant), disminueix la seva densitat i a l'inrevés: l'aire càlid és més lleuger i el fred més pesat.

Pressió atmosfèrica

La pressió atmosfèrica es defineix com el pes d'una columna d'aire sobre una determinada superfície. La pràctica totalitat de la massa d'aire es troba en els primers quilòmetres de l'atmosfera, per la qual cosa la pressió disminueix ràpidament amb l'altura. La pressió atmosfèrica a nivell del mar és de 760 mm de Hg (1013mb). Els instruments per mesurar la pressió atmosfèrica són els *baròmetres*. Es consideren pressions altes els valors de pressió superiors a 1013mb a nivell del mar. Es consideren pressions baixes els valors inferiors.

La pressió atmosfèrica en la superfície terrestre depèn en part de la temperatura de l'aire: un augment de temperatura produeix una disminució de la pressió, mentre que un refredament de la temperatura de l'aire es tradueix amb un augment de la pressió atmosfèrica en superfície.

La pressió atmosfèrica a la superfície de la terra es caracteritza per una distribució irregular, conseqüència d'una distribució irregular de les temperatures. La distribució de pressions queda reflectida en els **mapes de isòbares**. Les *isòbares* són línies que uneixen punts amb la mateixa pressió atmosfèrica. Les **depressions** són centres de baixes pressions. Els **anticiclons** són centres d'altres pressions.

Circulació atmosfèrica. Els vents

El vent és doncs aire que es mou horitzontalment. El seu procés de formació a escala local és senzill:

- a) Quan les característiques de l'aire (temperatura i pressió) es mantenen uniformes, l'aire es manté estable i quiet.
- b) L'escalfament solar del terreny fa que l'aire situat arran de terra, més calent, s'elevi perquè es fa menys dens.
- c) L'aire de les zones properes es desplaça horitzontalment per ocupar l'espai deixat per l'aire que s'ha elevat. S'ha format el vent.

Les diferències de temperatura i pressió són també l'origen dels vents a escala planetària. El vent es desplaça de les zones de pressió més alta (amb aire més fred) cap a les zones de pressió més baixa, on l'aire s'eleva perquè és més càlid que el del seu entorn. L'aire calent que s'eleva circula pels nivells superiors de la troposfera fins que s'ha refredat prou per fer-se més dens i descendir novament sobre la superfície terrestre. En les zones on hi ha un descens d'aire fred, la pressió atmosfèrica és més elevada ja que aquest aire és més dens i pesa més.

Com a resultat de tot aquest procés, podem deduir que cap a les zones de baixa pressió o depressions hi ha una convergència dels vents i un ascens d'aire calent a la part central, mentre que cap als centres d'alta pressió o anticicló hi ha un descens d'aire fred i una divergència dels vents.

La força de Coriolis causada per la rotació terrestre, determina una desviació dels vents que divergeixen d'un anticicló i convergeixen cap a una depressió. El resultat és, a l'hemisferi nord, un gir antihorari dels vents en les depressions, i un gir horari en els anticiclons. A l'hemisferi sud ambdós sentits de gir són a l'inrevés.

L'ascens de l'aire afavoreix la formació de núvols i precipitacions. Per això les depressions comporten temps inestable, amb nuvolositat i pluges. En els anticiclons, la subsidència d'aire impedeix la formació de núvols i el temps és assolellat.

Els vents són doncs la resposta dinàmica de l'atmosfera a les diferències de pressió i la circulació s'estableix sempre des dels anticiclons cap a les borrasques. Com més gran és el gradient de pressió (més pròximes estan les isòbares) més intensos són els vents i major és la seva velocitat.

Els mapes diaris del temps es basen en la representació de les pressions en un moment determinat. Les borrasques i els anticiclons no romanen immòbils, sinó que es desplacen i canvien de forma.

Considerant la distribució de radiació solar més gran en les zones equatorials i més petita en les polars, l'esquema de circulació atmosfèrica per a una Terra estàtica seria força senzill: en les zones equatorials, l'aire més calent s'expandeix, es fa més lleuger i tendeix a ascendir, creant un àrea de baixes pressions. Al pujar, es va refredant progressivament i flueix cap als pols, refredant-se cada cop més i fent-se cada cop més dens amb la qual cosa descendeix creant un àrea d'altres pressions. Aquest model implicaria l'existència d'una cèl·lula convectiva en cada hemisferi, en la que l'aire circularia des dels pols a l'equador per sota i des de l'equador als pols per dalt. Aquest model corregiria el desequilibri tèrmic generat per les diferències latitudinals d'insolació. Però la realitat és una altra, ja que influeixen altres factors.

El moviment de rotació de la Terra trenca aquest model teòric ideal, descomponent cadascuna de les dues grans cèl·lules convectives en tres cèl·lules convectives menors en cada hemisferi, originant una distribució latitudinal de pressions en franges alternants de baixes i altres pressions:

- Cinturó equatorial de baixes pressions. Vagada equatorial.
- Cinturó subtropical d'altres pressions
- Cinturó subàrtic de baixes pressions
- Zona permanent d'altres pressions. Màxim polar

La presència en l'hemisferi nord de més massa continental, distorsiona considerablement aquest segon model. En l'hemisferi sud però, s'ajusta força bé.

Circulació general dels vents

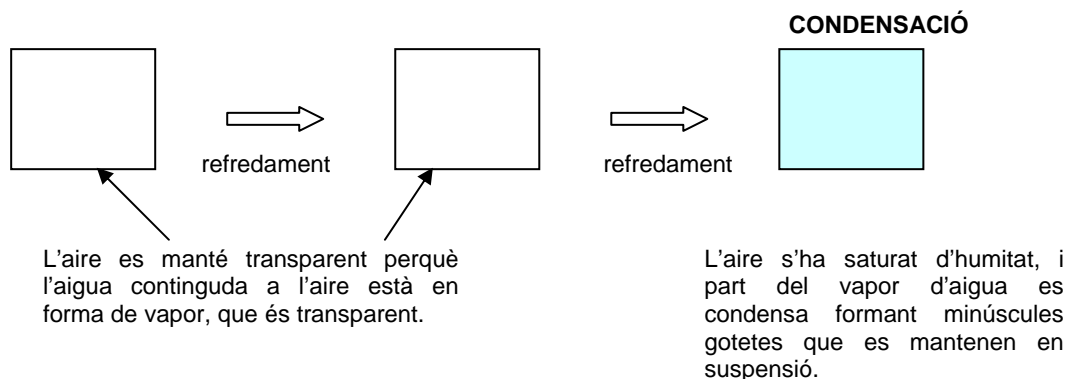
La circulació comença en una zona de baixes pressions equatorials, anomenada zona de convergència intertropical (ZCIT). En aquesta zona les pluges són constants. Els vents generats per les baixes pressions equatorials descendeixen en la zona dels anticiclons subtropicals, situats cap als 30° de latitud. Aquests anticiclons generen vents divergents, els alisis, que bufen cap a l'equador i els vents de l'oest, que bufen cap a les zones temperades. Les zones de borrasques subàrtica i subantàrtica es troben situades aproximadament als 60° de latitud, i circumden els pols. En aquestes conflueixen els vents de l'oest amb els vents freds de l'est o de llevant que provenen dels pols.

4. Humitat atmosfèrica i precipitacions

L'aire conté una quantitat variable d'aigua en forma de vapor. Com més alta és la temperatura de l'aire més aigua en forma de vapor pot tenir. Quan l'aire conté la màxima quantitat de vapor que pot admetre, diem que està *saturat*.

Per mesurar la quantitat d'aigua en forma de vapor que hi ha en una massa d'aire podem utilitzar la *humitat absoluta* (nombre de grams de vapor d'aigua que conté cada metre cúbic d'aire g/m^3) o la *humitat relativa* (tant per cent de vapor d'aigua que conté una massa d'aire en relació a la quantitat màxima que pot contenir a una determinada temperatura). Aquesta segona mesura és la més usada en meteorologia i es pren amb *higròmetres* o *psicròmetres*. Quan diem que la humitat relativa és del 50% a 20°C, volem dir que l'aire conté la meitat del vapor d'aigua que pot contenir a n'aquesta temperatura. La humitat relativa augmenta amb el refredament

Quan l'aire ascendeix en l'atmosfera, es refreda. Al refredar-se la seva humitat relativa anirà augmentant, ja que el màxim de vapor possible que pot contenir es cada cop menor. Al cap d'un quan temps s'assolirà la humitat relativa màxima, és a dir el 100%. En aquest moment es produeix la saturació de la massa d'aire i ja no admet més vapor. Per això part del vapor es condensa i forma petites gotes que es mantenen en suspensió. Podem dir que s'acaba de formar un núvol.



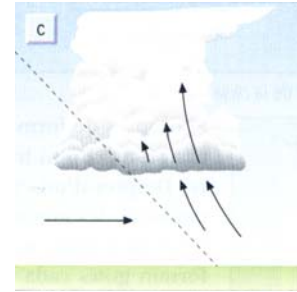
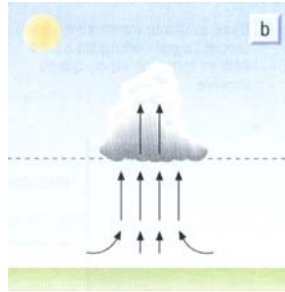
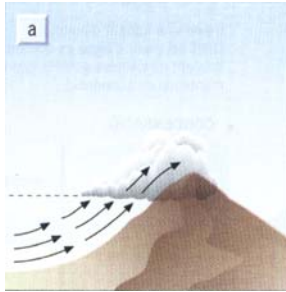
Les gotes formades per condensació s'adhereixen a partícules sòlides que hi ha en suspensió a l'atmosfera (pol·len, cristalls de sal, pols, espores, etc.) que actuen com a *nuclis de condensació*. A diferència del vapor que era invisible, aquestes minúscules gotetes d'entre 0,02 i 0,2 mm de diàmetre es mantenen en suspensió en l'aire i l'enterboleixen.

Si després de formar-se el núvol el refredament continua, cada cop hi haurà més gotetes dins la massa d'aire; les gotetes xoquen les unes amb les altres i tendeixen a fusionar-se. Això fa que es formin gotes cada cop més grosses. Si s'engrosseixen molt, els corrents d'aire no poden sostenir-les en suspensió, cauen per gravetat i originen una *precipitació*.

L'ascens de la massa d'aire que formarà els núvols es pot donar per diverses causes, entre les que podem destacar les següents:

- Una massa d'aire es veu forçada a escalar un relleu. Això fa que es refredi fins a condensar-se.
- Quan el Sol escalfa el terra, l'aire més proper a la superfície també s'esclafa i ascendeix, ja que es fa menys dens. Aquest aire en ascendir, es refreda fins a condensar-se.

- c) Quan dues masses d'aire a diferent temperatura entren en contacte, la massa d'aire més fred tendeix a romandre prop de terra ja que es més densa, mentre que la massa d'aire més calent ascendeix i es refreda fins a condensar-se. Les línies imaginàries que separen aquestes masses d'aire de temperatura diferents s'anomenen *fronts*.



5. La contaminació atmosfèrica

Es parla de contaminació de l'aire quan es produeix un alliberament a l'atmosfera de substàncies que fins aquell moment no hi eren presents o quan es dona un increment de la concentració de les ja presents pel damunt dels nivells considerats normals. Diem que l'atmosfera està contaminada quan aquestes substàncies produeixen efectes perjudicials sobre els éssers vius, els ecosistemes, els béns materials i el clima.

Principals contaminants

- **Metalls pesants.** Plom, cadmi, mercuri, níquel, ferro, crom, coure, manganès i arsènic. Es consideren perillosos perquè no es degraden i passen a formar part de les cadenes tròfiques. El més abundant a l'atmosfera és el plom que s'afegeix a la gasolina dels automòbils; tanmateix s'està reduint la seva utilització amb la gasolina sense plom.
- **Compostos de sofre (SO_2 , SH_2).** Els òxids de sofre són originats principalment pels processos industrials, les centrals tèrmiques, el trànsit, les combustions de carbó i de fuel, i la incineració de residus. Les fonts d'emissió del sulfur d'hidrogen són les indústries papereres, les refineries, les indústries d'adobament de la pell i de colorants, les depuradores d'aigües residuals i clavegueram i les fàbriques de gas. De forma natural es produeix per putrefacció de la matèria orgànica, en el fons dels llacs i les basses que es troben en condicions anaeròbiques i també en les erupcions volcàniques.
- **Òxids de nitrogen (NO_2 , NO).** Són un grup de gasos força contaminants. Es produeixen en processos de combustió a altes temperatures, com els que tenen lloc en els motors d'explosió i les calderes. Les principals fonts de producció d'aquests òxids són d'origen natural (erupcions volcàniques, acció bacteriana del sòl, llamps) i antropogèniques (qualsevol activitat que impliqui l'ús de combustibles fòssils com calefaccions, centrals tèrmiques i automòbils)
- **Òxids de carboni (CO , CO_2).** El CO és el contaminant més abundant en les zones urbanes. Es produeix per la combustió incompleta de combustibles orgànics (petroli i derivats, carbó i fusta), incineració de residus i cremacions agrícoles. La concentració del CO_2 està augmentant considerablement a conseqüència de les activitats industrials i la desforestació.
- **Compostos orgànics.** La font més gran de producció d'hidrocarburs són processos naturals. El metà (CH_4) és el més abundant i es produït en zones pantanoses i llocs propers a pous petrolífers. També és produït per les indústries petrolieres, les plantes de tractament de gas natural i els vehicles. Les indústries del dissolvent també produeixen diverses menes d'hidrocarburs.

- **Compostos halogenats (Cl₂, HCl, HF, CFC).** Els compostos de fluor són produïts antropogènicament per les indústries relacionades amb la ceràmica, l'alumini, el vidre i els fertilitzants. Els clorofluorocarbons es fan servir en aerosols i sistemes de refrigeració.
- **Partícules sòlides en suspensió.**
- **etc.**

Algunes conseqüències de la contaminació atmosfèrica

Pluja àcida

Els òxids de sofre i els de nitrogen alliberats per les indústries reaccionen amb l'aigua atmosfèrica i, formen àcid sulfúric (H₂SO₄) i àcid nítric (HNO₃). Aquestes reaccions es donen als núvols, que poden ser transportats pel vent a quilòmetres de distància del lloc on s'han format. Les gotetes d'aigua que es formen en aquest núvols tenen un caràcter àcid i la precipitació que produeixen s'anomena pluja àcida. En arribar l'aigua d'aquesta pluja al sòl, produeix efectes perjudicials en la vegetació, els animals i els materials, i en conjunt sobre els ecosistemes terrestres i aquàtics.

Destrucció de la capa d'ozó

Els gasos clorofluorocarburs (CFC), també coneguts com a freons, són els principals causants (no els únics) de l'afebliment de la capa d'ozó. Aquests gasos tenen àtoms de clor a la seva molècula. Un cop a l'estratosfera, la radiació ultraviolada dissocia els CFC i allibera els àtoms de clor que reaccionen amb l'ozó (O₃) i el trenquen en oxigen atòmic(O) i molecular(O₂). La capa d'ozó protegeix els éssers vius de les radiacions ultraviolades actuant com un filtre. La destrucció de l'ozó produeix un excés d'aquest tipus de radiacions sobre els éssers vius causant greus perjudicis com problemes oculars i càncer de pell.

Augment de l'efecte d'hivernacle

L'efecte d'hivernacle originat pel CO₂ i el vapor d'aigua atmosfèrics, mantenen la temperatura mitjana de la superfície de la terra al voltant dels 15°C. Si no existís aquest gas, la temperatura superficial seria d'uns -20°C, els oceans es trobarien congelats i la vida no seria possible. Els éssers vius expulsen CO₂ durant la respiració. També les erupcions volcàniques alliberen aquest gas a l'atmosfera. Diversos processos naturals (fotosíntesi, formació de roques calcàries...) absorbeixen CO₂ i mantenen la seva concentració estable a l'atmosfera. Des de mitjans del segle passat, un nou factor ha alterat aquest equilibri. La utilització a gran escala de combustibles fòssils ha incrementat l'alliberament a l'atmosfera de CO₂. La desforestació també ha contribuït a trencar l'equilibri, la falta de vegetació provoca una menor captació del gas. Tot això produeix un excés de CO₂ a l'atmosfera, un augment de l'efecte d'hivernacle i un escalfament global de la Terra. Si això es produís, part del gel dels pols es desfaria, augmentaria el nivell del mar, es produirien inundacions i s'alteraria el règim de pluges.

Mètodes de determinació i de correcció

La qualitat de l'aire es determina mitjançant la mesura dels **nivells d'immissió** dels contaminants. Aquests nivells són les concentracions de contaminants presents a l'aire d'un determinat indret deixant de banda les fonts que els han alliberat.

Per a l'estudi de la qualitat de l'aire hi ha tota una xarxa de vigilància d'immissions i emissions. Les primeres estan formades per estacions que mesuren els nivells d'immissió dels diferents contaminants, bé per mitjà de sensors com per recollida i anàlisi de mostres al laboratori. Les segones tenen com a objectiu conèixer les emissions de contaminants a l'atmosfera per part dels diferents focus emissors. En la pràctica solament es poden conèixer les emissions dels grans

focus (centrals, tèrmiques, refineries, polígons industrials, etc) i la resta de petites emissions (calefaccions domèstiques, cotxes, etc) es fan per estimacions indirectes.

També s'utilitzen *indicadors biològics de contaminació*. Hi ha organismes vius, el creixement dels quals presenta una gran sensibilitat a certs contaminants gasosos de l'atmosfera, és el cas dels líquens, que tot i la seva extraordinària resistència que els permet viure arreu del món, són organismes poc resistents a la contaminació atmosfèrica i a partir de determinats valors desapareixen.

Les estratègies per combatre la contaminació atmosfèrica es plantegen des de dos enfocaments diferents:

- Gestió dels recursos atmosfèrics. Es basa en la fixació d'unes normes de qualitat de l'aire, es a dir, una regulació dels nivells d'immissió, que no han de sobrepassar-se.
- Control de les emissions. Basat en l'aplicació dels mitjans necessaris per minimitzar els efectes contaminants de les activitats humanes.