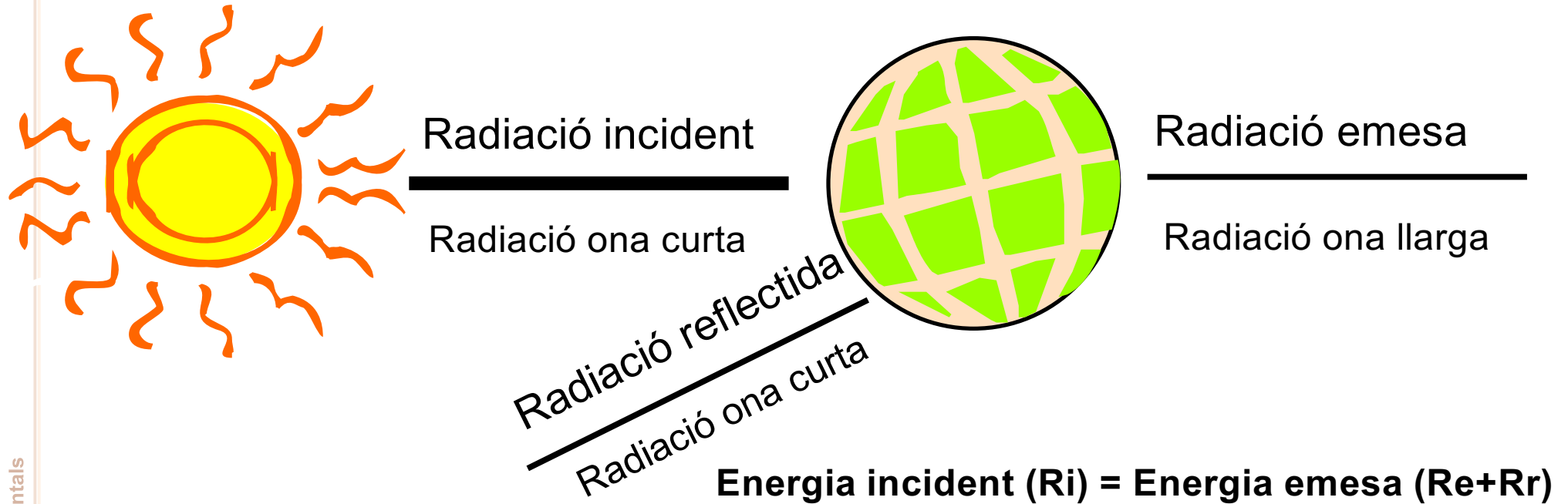


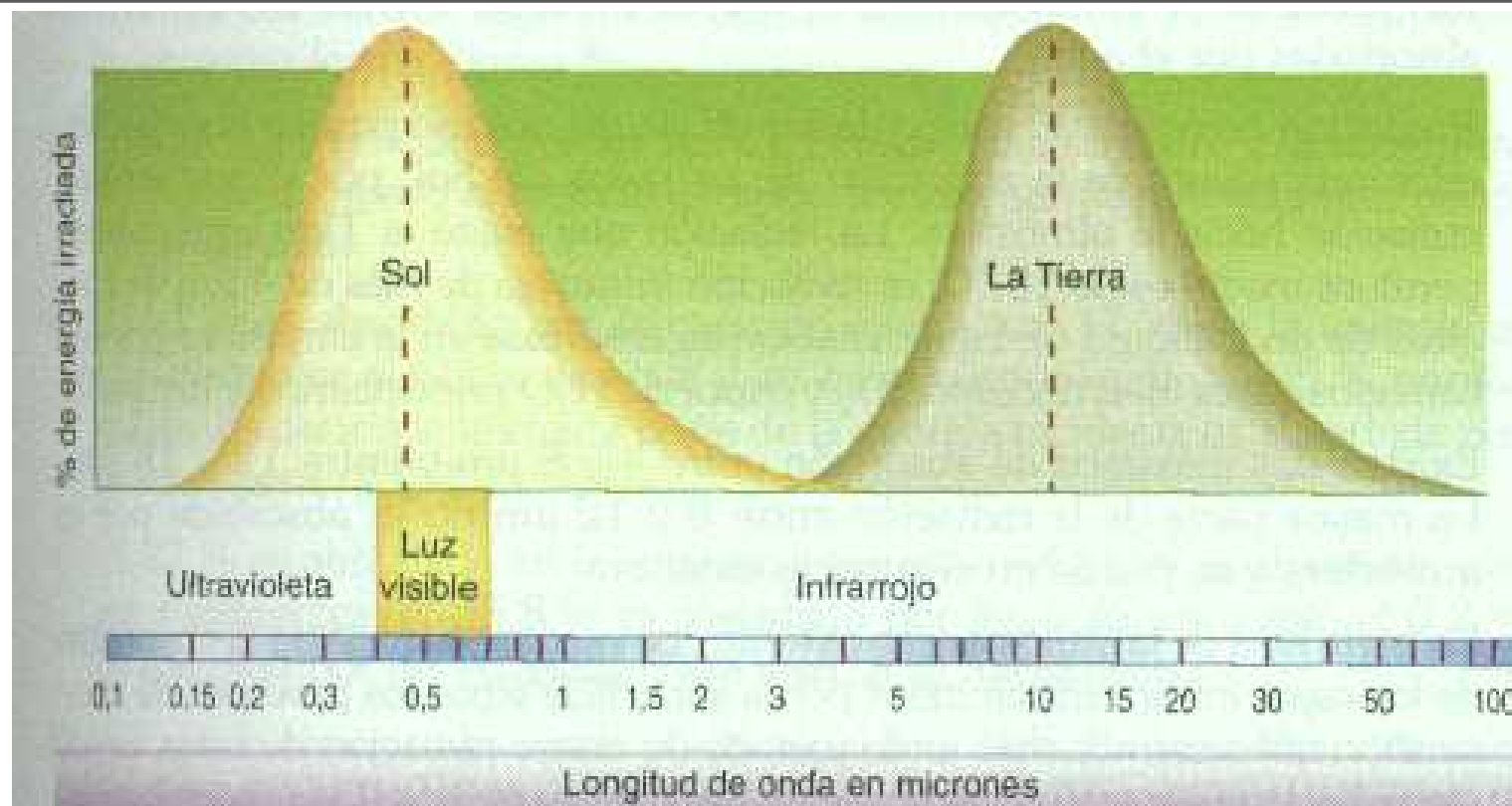
Atmosfera: Dinàmica



- La radiació solar arriba a la Terra bàsicament en forma de llum i calor
- La Terra es troba en una situació d'equilibri tèrmic, rep tanta energia com emet, per això no es dona ni un escalfament ni un refredament global.
- Del 100% del flux d'energia solar que arriba a la Terra
 - El 28% es perd per reflexió de les capes superiors de l'atmosfera (emissió que determina la visibilitat del planeta o "albedo").
 - Penetra un 72%, que és posteriorment emès per la Terra en forma d'energia calorífica.
 - És aquesta radiació, que escalfa la superfície de la terra l'aigua i l'aire, la principal font d'energia de l'atmosfera i la responsable dels fenòmens atmosfèrics.



Radiació solar i radiació terrestre

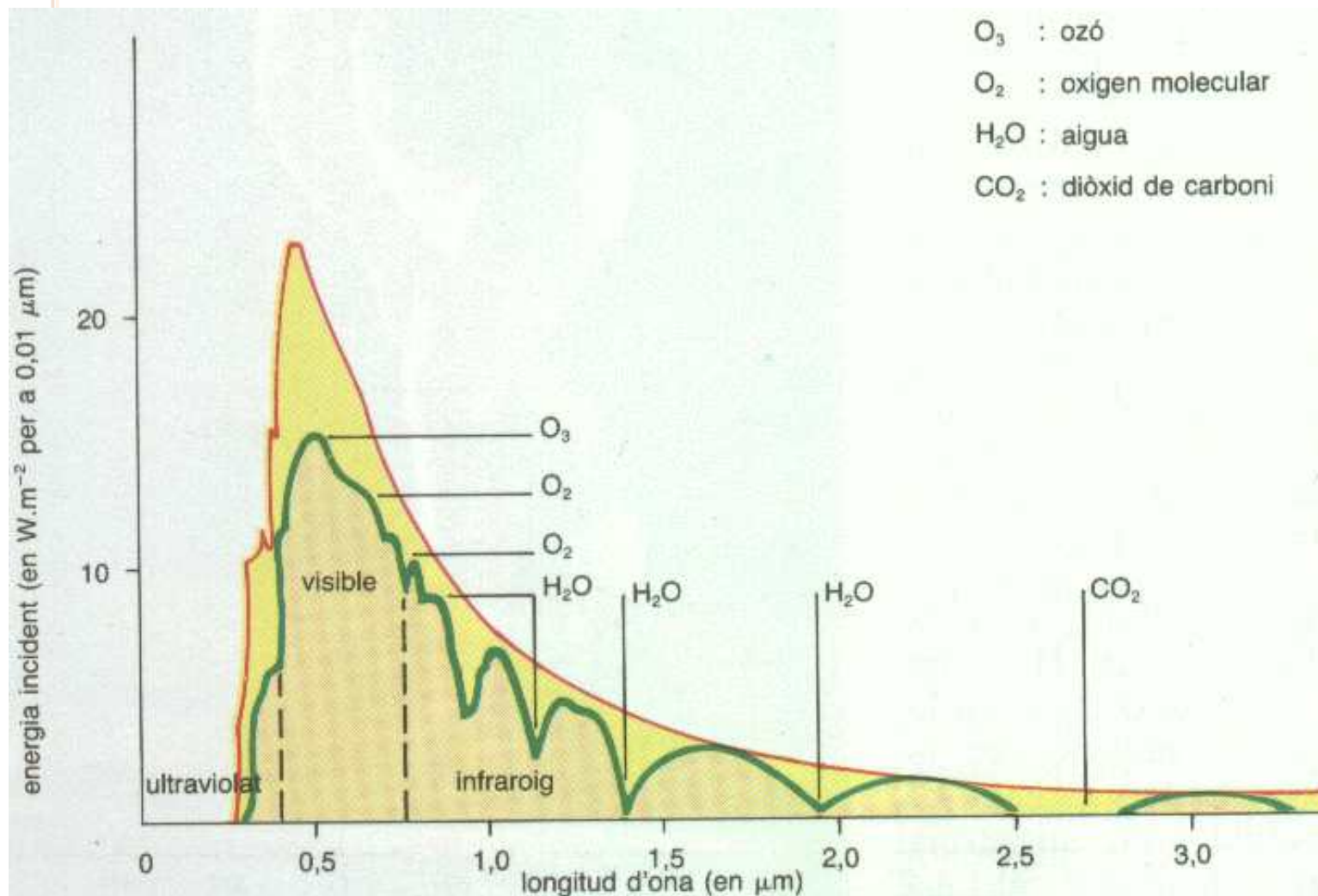


Medioambientals

Espectre d'emissió de la Terra	Distribució de l'energia que arriba del Sol a la Terra (espectre incident)			
A la Terra li correspon una emissió a la banda de l'Infra-ROig per tractar-se d'un cos a una temperatura d'emissió d'uns 15°C	Total	Radiació on curta Raigs X, R. gamma, R ultraviolats	Lum Visible	Rad. on llarga Radiació infra-roja, microones...
	100 %	9 %	42 %	49 %



La "finestra" atmosfèrica



O_3 : ozó
 O_2 : oxigen molecular
 H_2O : aigua
 CO_2 : diòxid de carboni

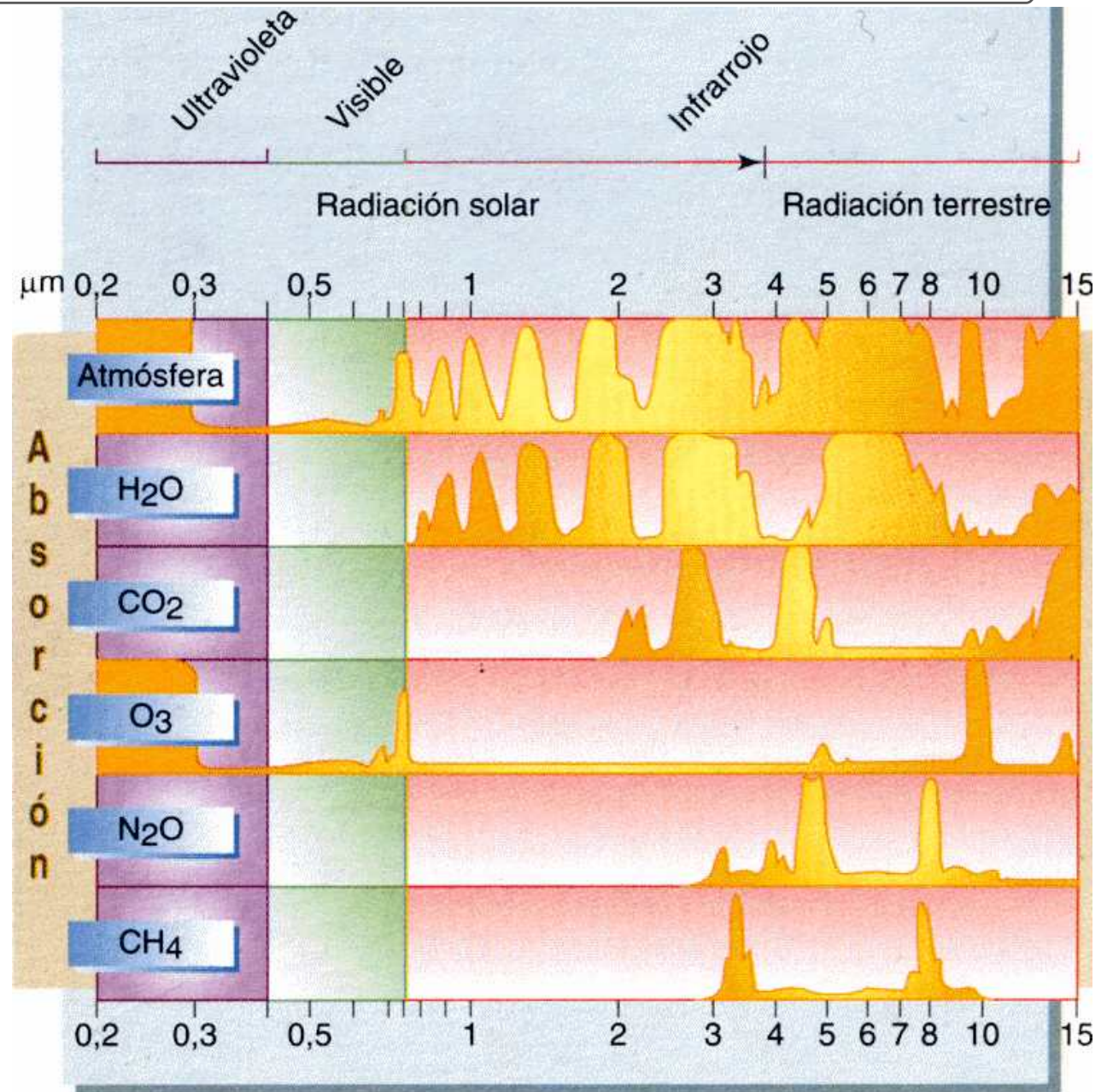
□ Absorció de la radiació solar per l'atmosfera terrestre: la corba vermella és l'energia incident sobre la capa exterior de l'atmosfera, i la corba verda és l'energia rebuda al nivell del mar. Les absorcions màximes són causades per O_3 , O_2 , H_2O i CO_2 , i s'esdevenen a diferents capes: l'absorció per ozó té lloc a l'estratosfera, i l'absorció per vapor d'aigua a la troposfera

- Les diferències entre la línia verda i la línia vermella indiquen la quantitat d'energia absorbida pels diferents components de l'atmosfera.

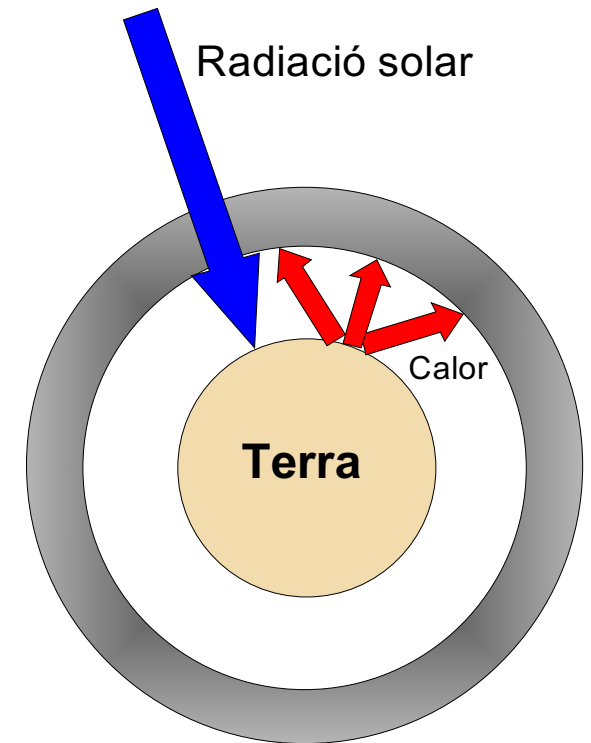
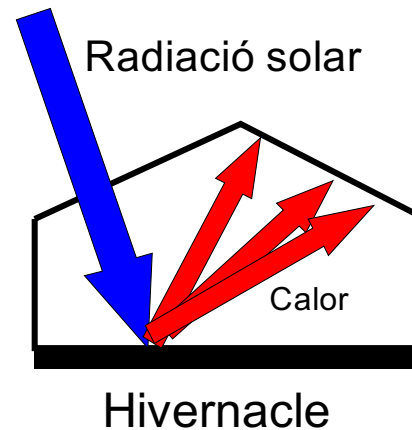
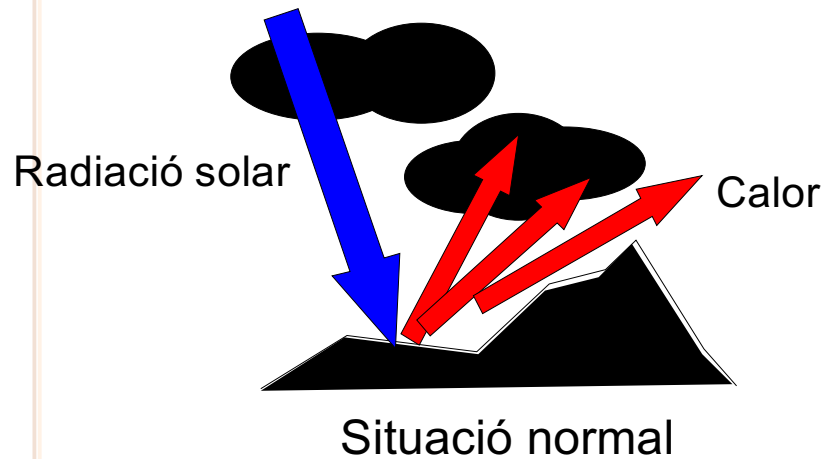


Absorció Atmosfèrica

- Comparant l'espectre de radiacions que arriba a les capes altes de l'atmosfera amb el que arriba a la superfície de la terra ens adonem que:
 - ▶ La troposfera és gairebé transparent per les radiacions que li arriben des del Sol.
 - ▶ Dins l'espectre infra-roig hi ha una part bloquejada (absorbida) per els núvols i pel diòxid de carboni
- En conseqüència l'aire troposfèric no s'escalfa directament amb la llum que el travessa, sinó amb el calor (radiació infra-roja) provinent de la superfície Terrestre.



Concepte d'Efecte hivernacle

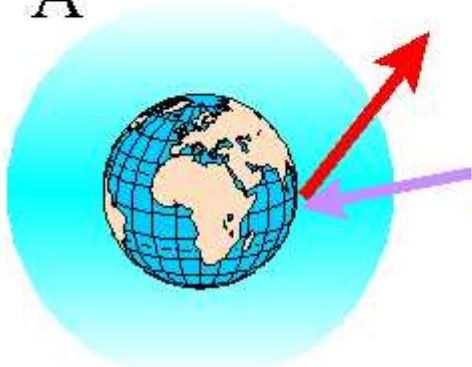


Els gasos amb efecte hivernacle actuen com el vidre d'un hivernacle deixen entrar la radiació solar i no deixen sortir el calor

- ▶ La radiació solar arriba a la superfície de la Terra on és absorbida (i es transforma en calor)
- ▶ La superfície de la terra emet energia tèrmica en forma de radiacions infrarojes.
- ▶ Aquestes radiacions (calor) són absorbides per l'aigua i el CO_2 (i altres gasos troposfèrics que tenen els màxims d'absorció en els infrarojos, dits gasos d'efecte hivernacle)
- ▶ Els gasos d'efecte hivernacle que s'escalfen determinen l'escalfament de la troposfera, aquests gasos, al seu torn, envien una "contraradiació" cap a la superfície del planeta.
- ▶ La retenció de calor és proporcional a la quantitat de gasos d'efecte hivernacle com CO_2 i vapor d' H_2O .



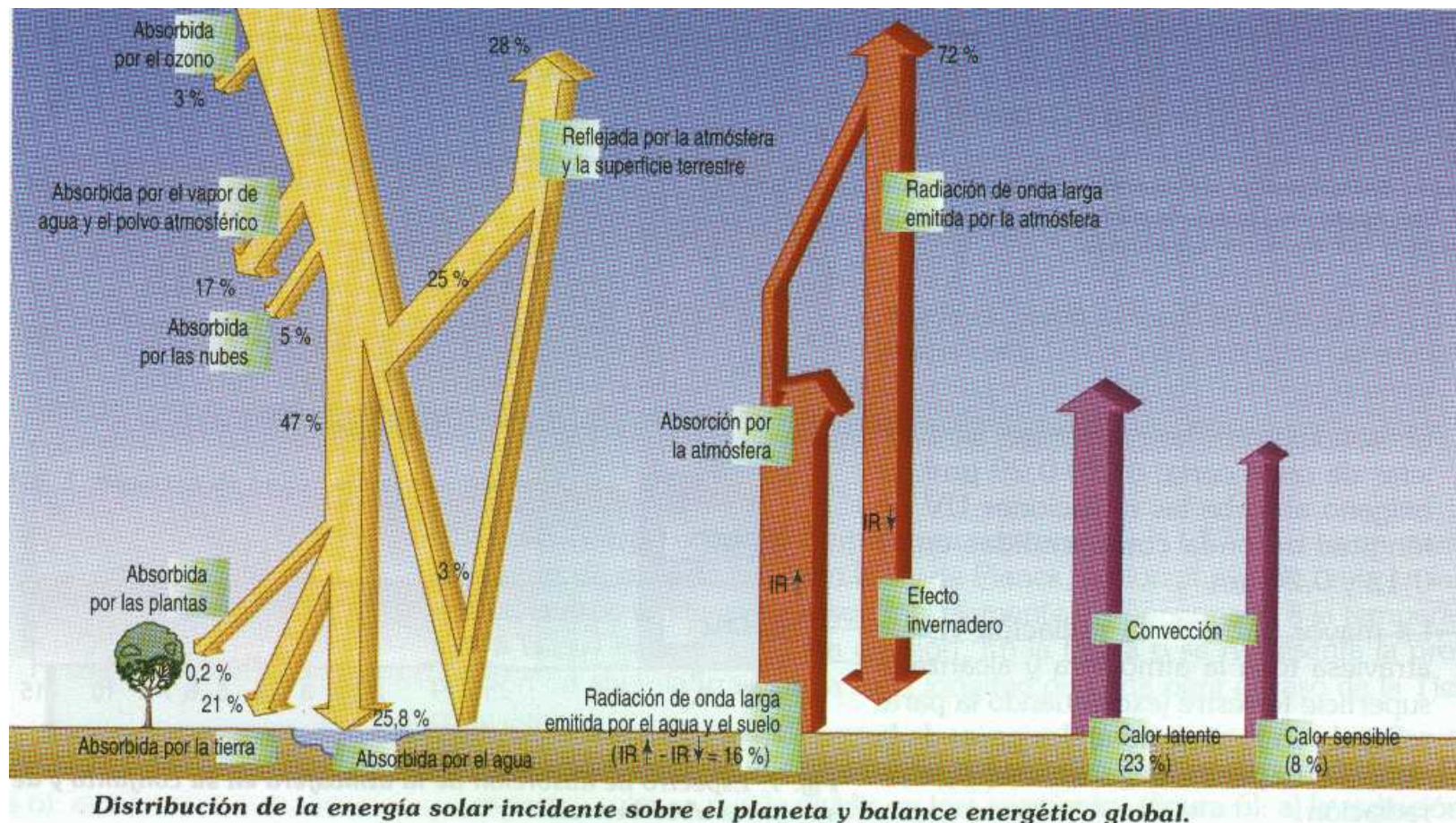
Efecte hivernacle natural

Sense efecte hivernacle.	Efecte hivernacle natural	Increment de l'efecte hivernacle.
A 	B 	C 
No hi ha absorció de radiació Infra-Roja ni re-emissió de calor per part de l'atmosfera Temperatura global -18°C	Contingut normal de CO_2, CH_4, H_2O etc. Part de la radiació d'ona llarga és absorbida per l'atmosfera i re-emesa com calor Temperatura Global 15°C	Continguts elevats de CO_2, CH_4 etc. Molta més radiació d'ona llarga és absorbida per l'atmosfera i re-emesa com calor. Temperatura Global ¿↑?



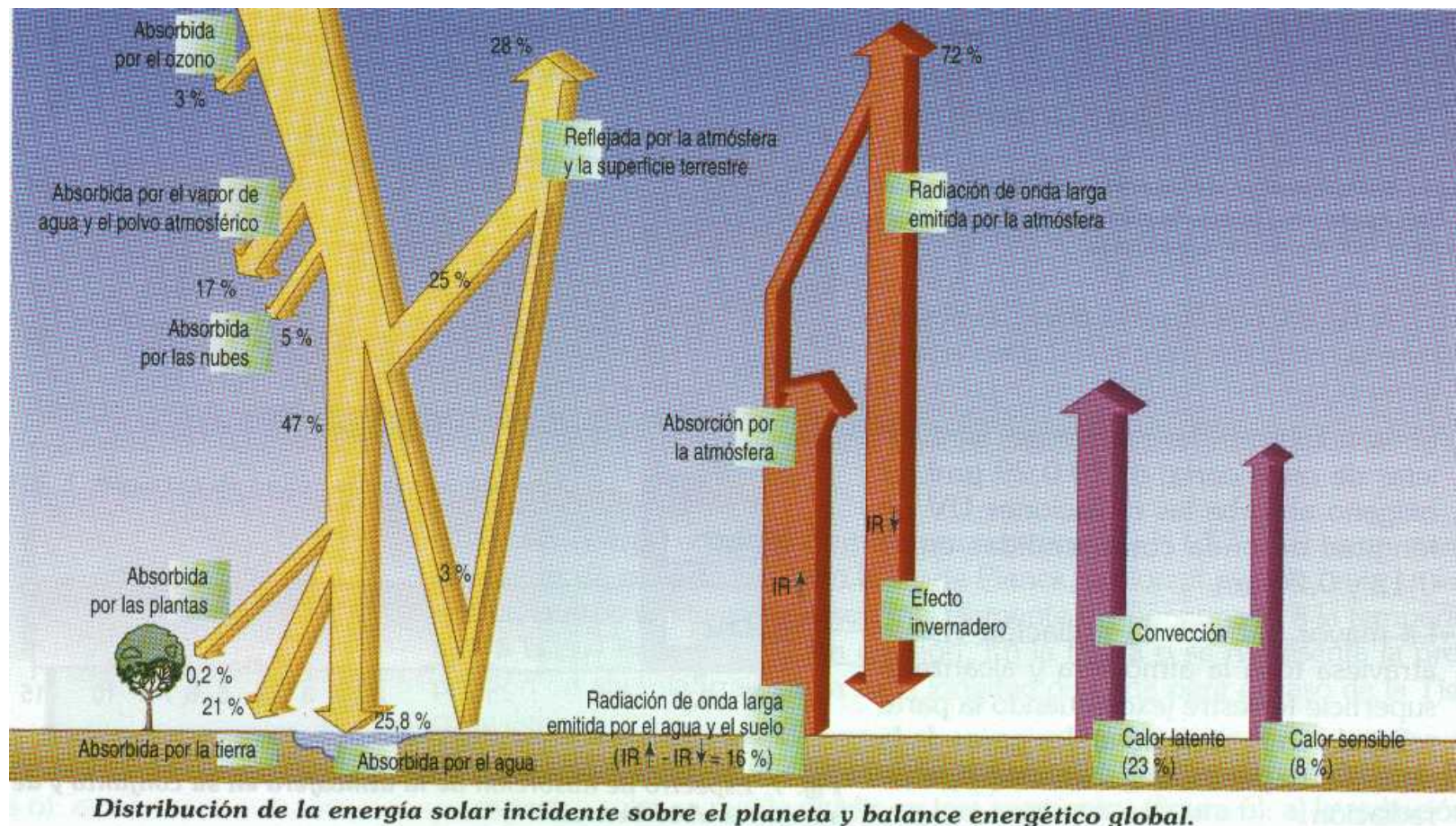
Balanç Energètic Global (I)

- L'energia que arriba del Sol (100%) es distribueix de la següent forma:
 - ▶ Un 28 % es reflectit en forma d'energia d'ona curta, és el denominat albedo (responsable de la lluminositat del planeta), té dos components:
 - 24-25% reflexió dels núvols, el pols atmosfèric i altres components de l'atmosfera
 - 4-3% restant reflexió de la superfície terrestre (varia en funció del tipus de superfície)



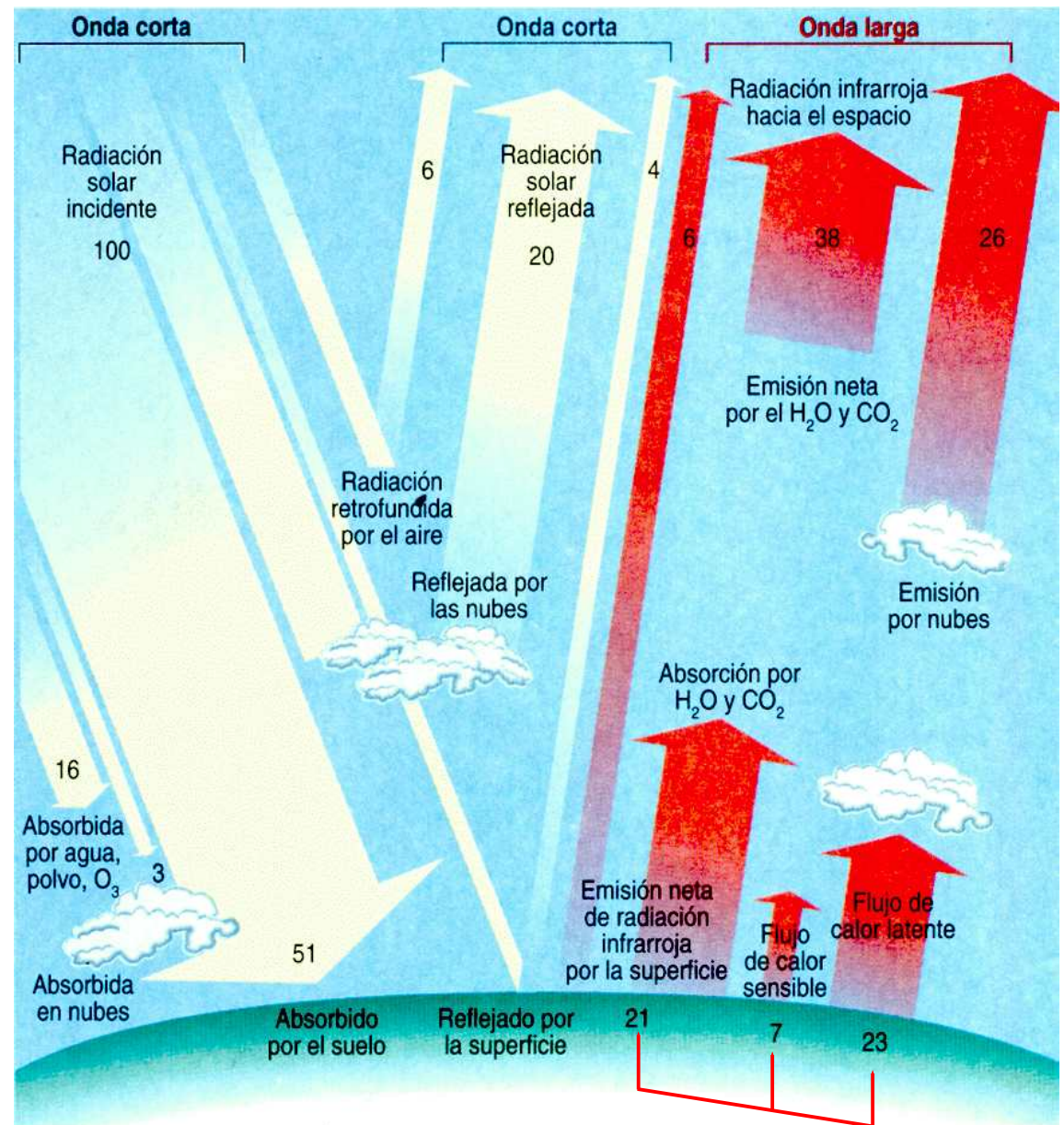
Balanç Energètic Global (II)

- ▶ El 72 % restant és absorbit per l'atmosfera i per la superfície de la Terra:
 - El 25 % absorbit per l'atmosfera, correspon
 - **3%** a l'absorció deguda a l'ozó; **5%** a l'absorció deguda als núvols; **17%** a l'absorció de l'aire i els aerosols (vapor d'aigua i pols).
 - El 47% és absorbit per la superfície terrestre
 - 0,2% absorbida pels organismes fotosintètics (els fixadors d'energia de la biosfera),
 - **21%** absorció dels continents; **25,8%** absorció dels oceans i aigua superficial.



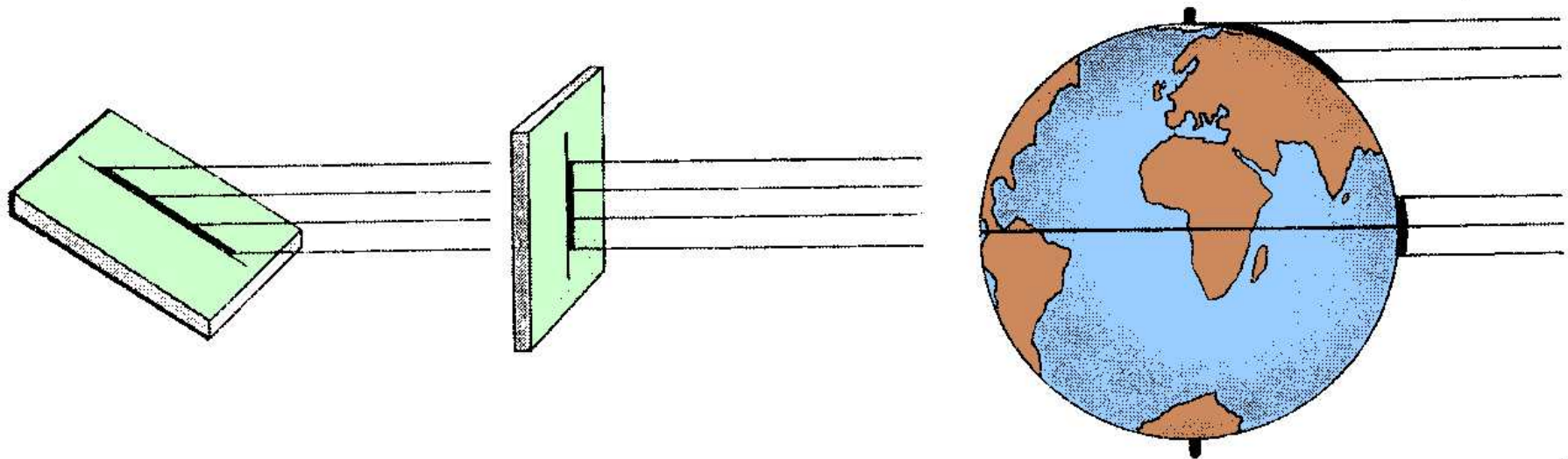
Escalfament de la Troposfera

- L'escalfament de la troposfera és degut a:
 - ▶ La superfície de la terra es transforma en un cos radiant que cedeix l'energia captada en forma de radiacions infra-roges que escalfen la troposfera (l'escalfament dels gasos com CO_2 i vapor d' H_2O que tenen els màxims d'absorció en els infrarojos)
 - ▶ L'aire que està en contacte amb la superfície terrestre és el que capta el calor d'aquesta i en escalfar-se puja, el buit és ocupat per aire més fred de les capes altes (es formen corrents de convecció ascendents-descendents).
 - ▶ També hi ha una transferència de calor latent procedent de l'evaporació de l'aigua i que s'allibera quan aquesta passa de vapor a líquid o sòlid en el sí de l'atmosfera.

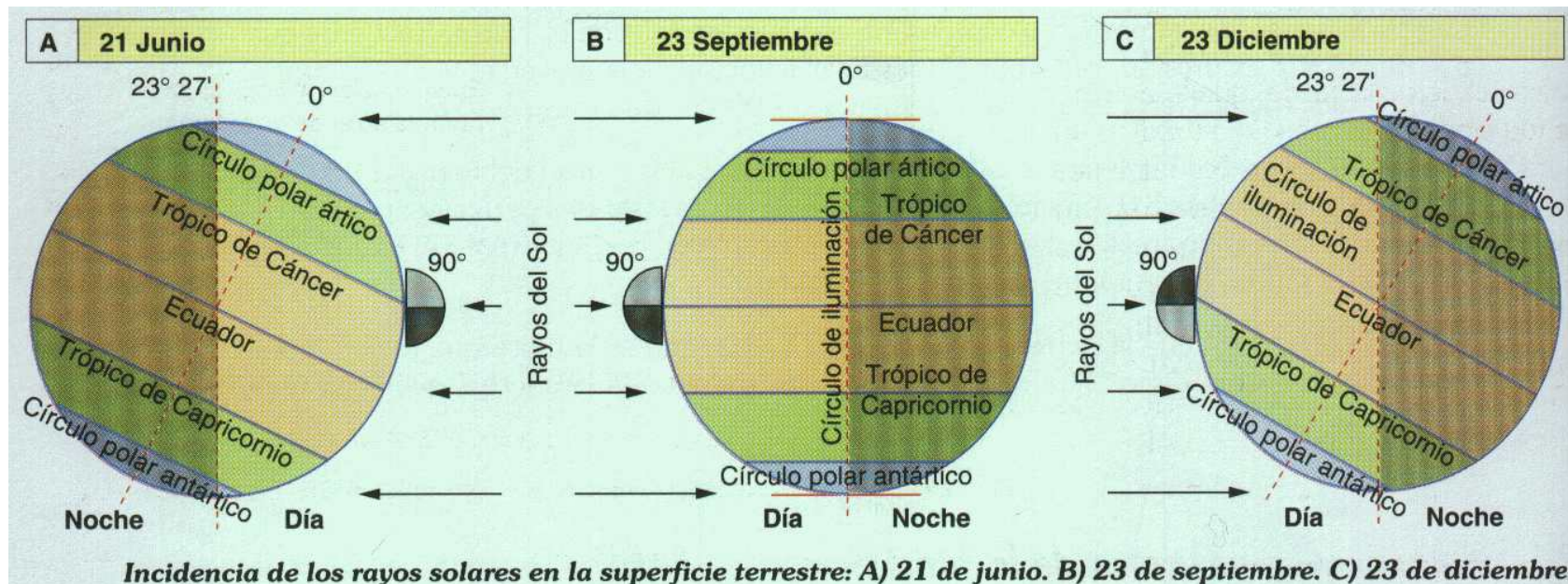
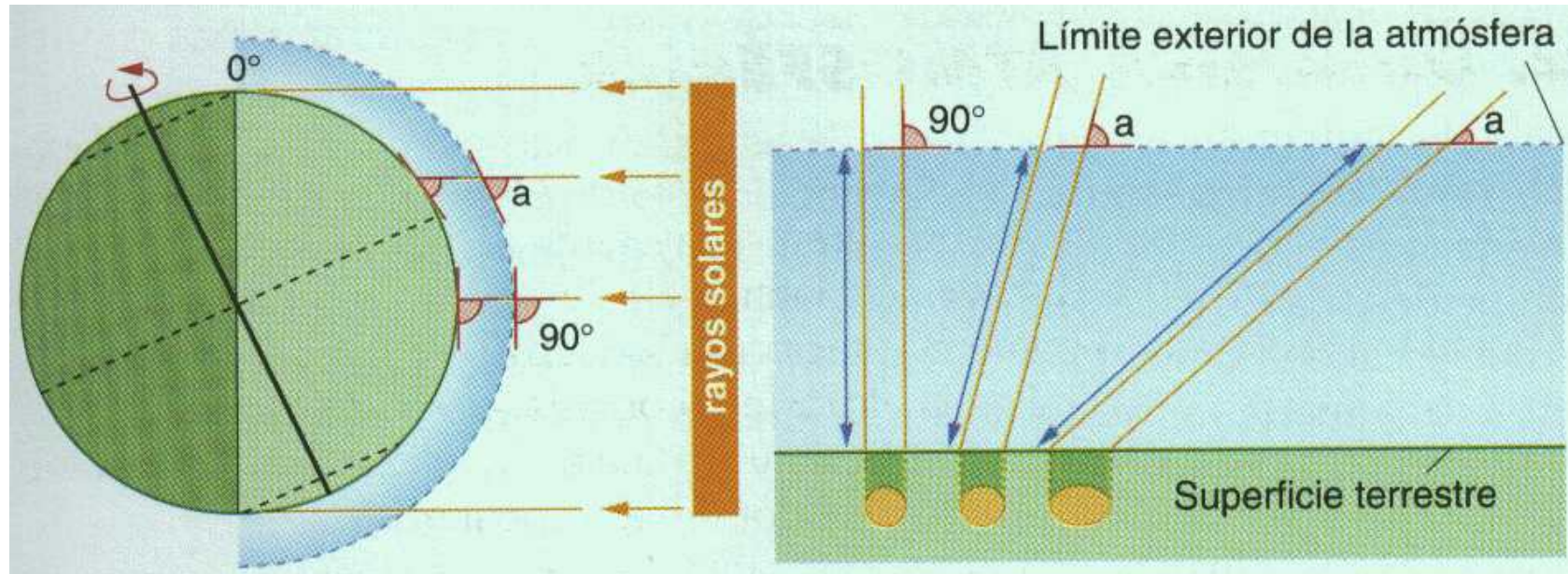


Latitud i energia (calor rebut)

- La Terra és esfèrica, per això solament en un punt de la seva superfície els rajos del Sol arriben perpendiculars, aquesta situació es donaria en l'equador si l'angle de la Terra no fos inclinat.
- La quantitat d'energia rebuda en un lloc determinat depèn de dos factors:
 - ▶ El temps d'exposició, el nombre d'hores de llum que rep aquesta zona del planeta en l'interval de temps estudiat.
 - ▶ L'angle d'incidència dels raigs solars. La intensitat de l'energia rebuda (la quantitat d'energia) és menor a mesura que augmenta l'angle d'incidència.
 - A mesura que augmenta la inclinació la mateixa quantitat d'energia es reparteix sobre una superfície més àmplia.
 - Quan augmenta la inclinació el recorregut que ha de fer la radiació a través de l'atmosfera és més llarg i hi ha més absorció

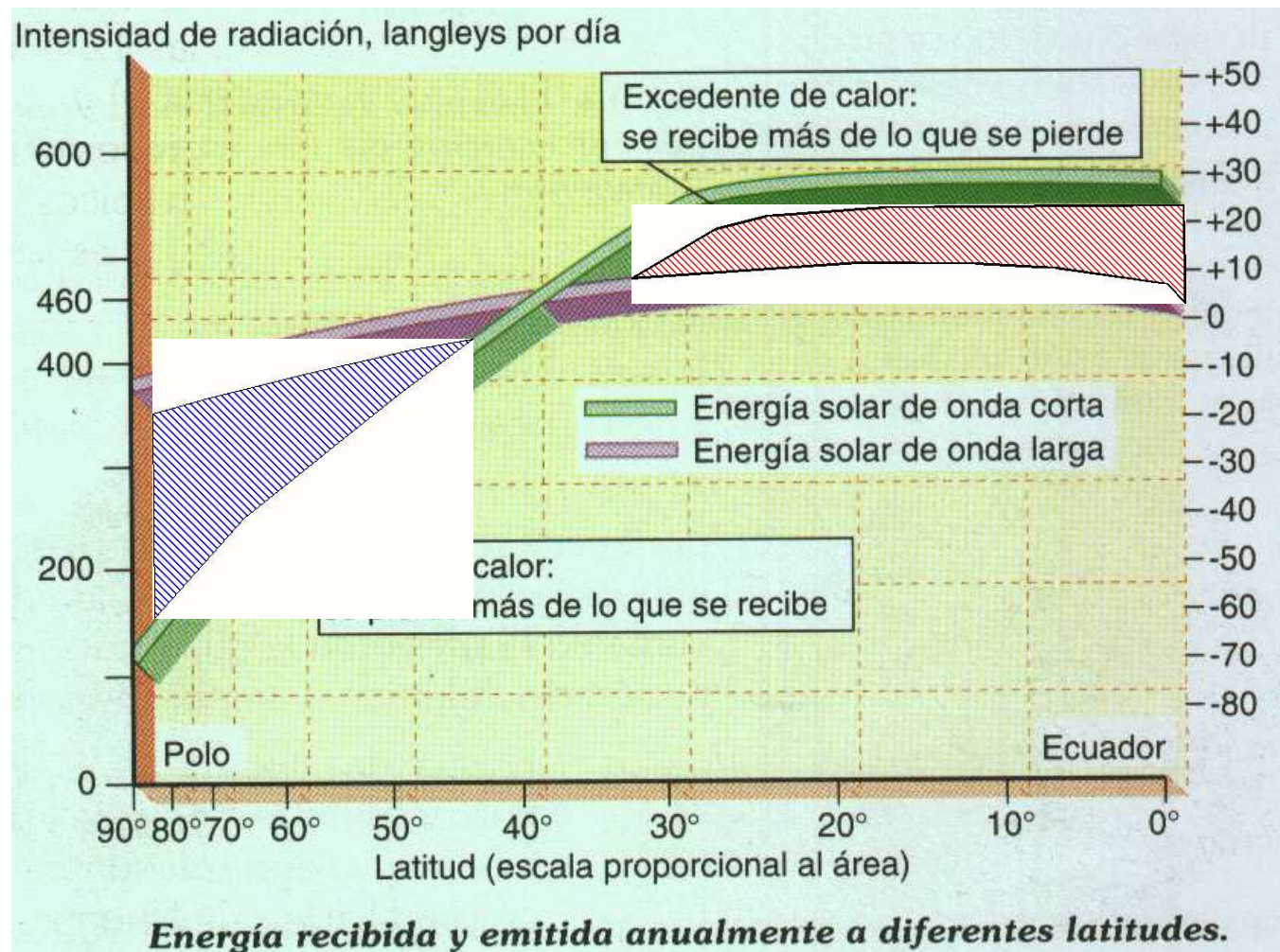


Latitud i energia (II)



Latitud i energia (III): Transferències

- Quan es comparen energia rebuda i energia emesa tenim que:
 - A latituds altes (properes als pols) és major l'energia sortint (d'ona llarga) que l'energia entrant (d'ona curta), i per tant hi ha un dèficit d'energia.
 - A latituds baixes (properes a l'equador) és major l'energia que arriba (d'ona curta) que l'energia sortint (d'ona llarga), i per tant hi ha un superàvit d'energia.

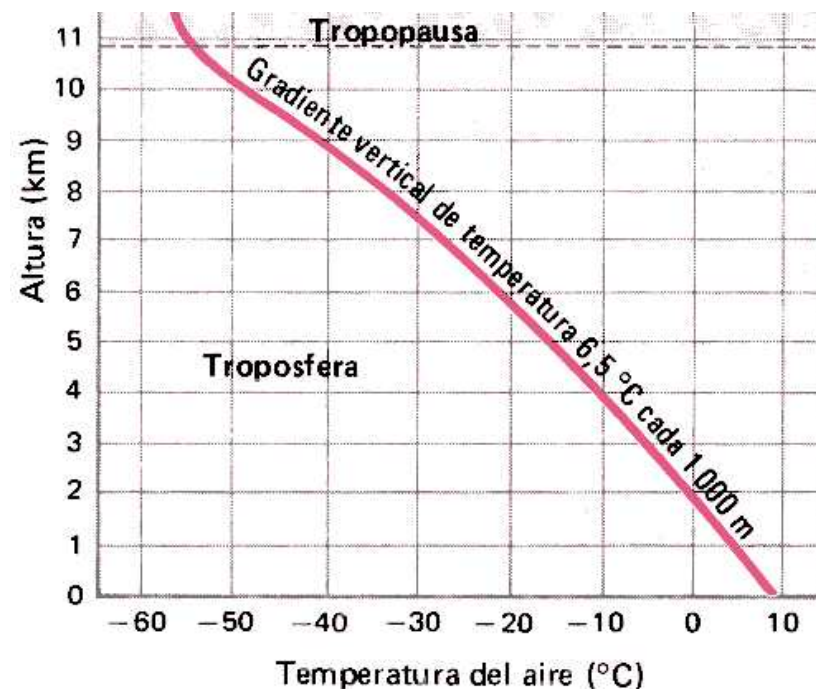


- Aquestes diferències es compensen gràcies a dos mecanismes que transfereixen calor de les latituds baixes (equador) a les altes (pols): la circulació atmosfèrica i la circulació oceànica.



Dinàmica atmosfèrica: Gradients temperatura

- A la troposfera la temperatura disminueix amb l'alçada (de forma normal)
- L'aire calent -menys dens- de la superfície tendirà a pujar, mentre que l'aire més fred de les capes altres tendirà a baixar.
- Molts dels moviments verticals de l'aire a la troposfera són deguts a les grans diferències de temperatura que presenta amb l'alçada, diferències de temperatura que condicionen diferències de densitat.



Segons l'equació dels gasos: $P = \rho R T$

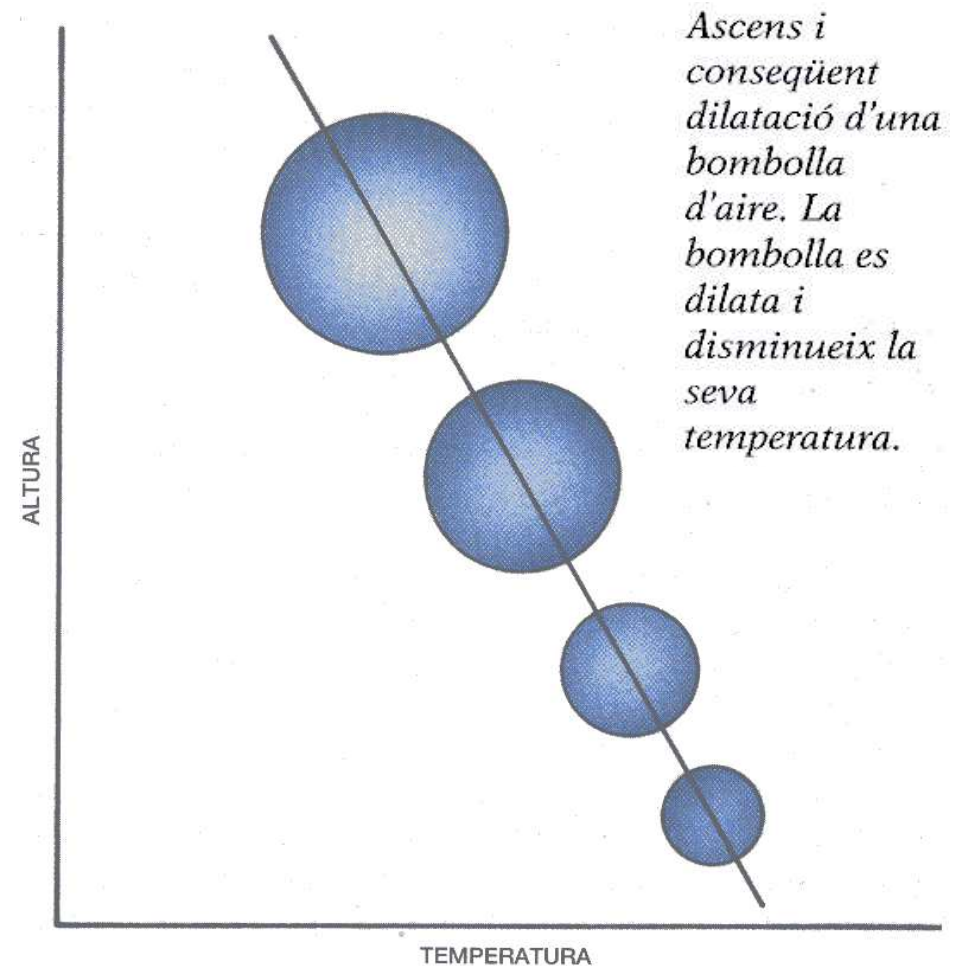
Si considerem la P (pressió) constant;
La ρ (densitat) disminueix quan augmenta la T (temperatura).

Es a dir que l'aire calent és lleuger i l'aire fred és més pesat.



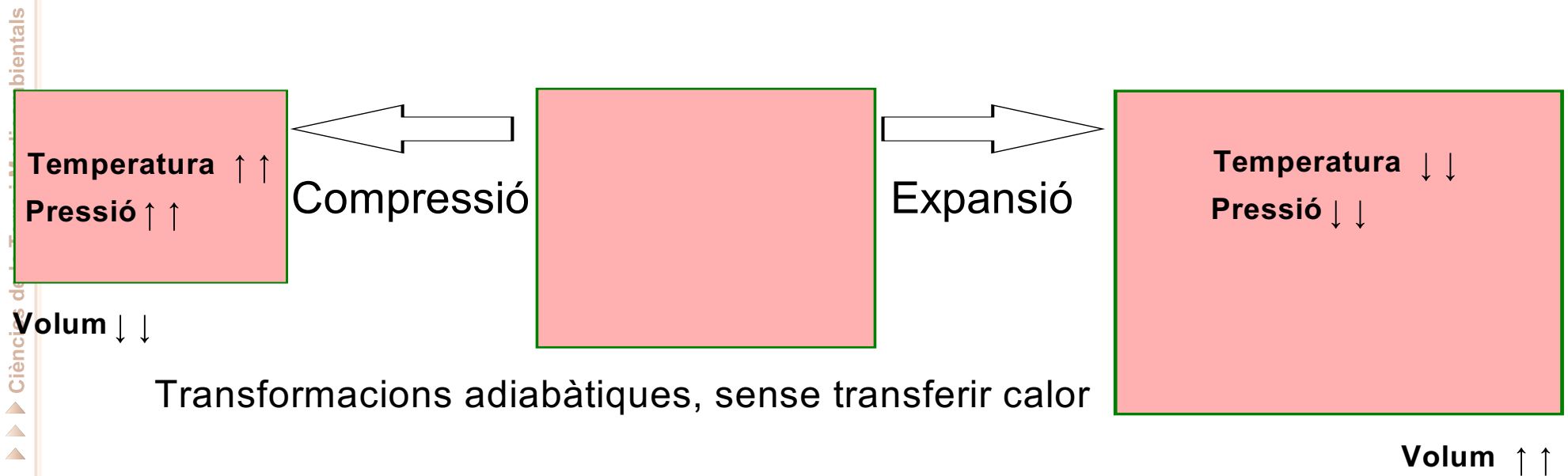
Gradient Tèrmic Vertical (corba d'estat)

- Les **corbes d'estat** són la representació de la variació de la temperatura amb l'alçada. Representen la "situació real d'una massa d'aire".
 - El **gradient tèrmic vertical** (o gradient vertical de temperatura) és la variació de temperatura entre dos punts situats a 100 m de distància en sentit vertical.
 - És una mesura de la situació d'una massa d'aire "estàtic" (quan amb un aparell es mesura la temperatura, a diferents alçades, d'una massa d'aire en repòs).
 - El gradient vertical "normal" és de $0,65^{\circ}\text{C}$ cada 100 metres d'alçada, però canvia segons les condicions reals en el moment de mesurar-lo.



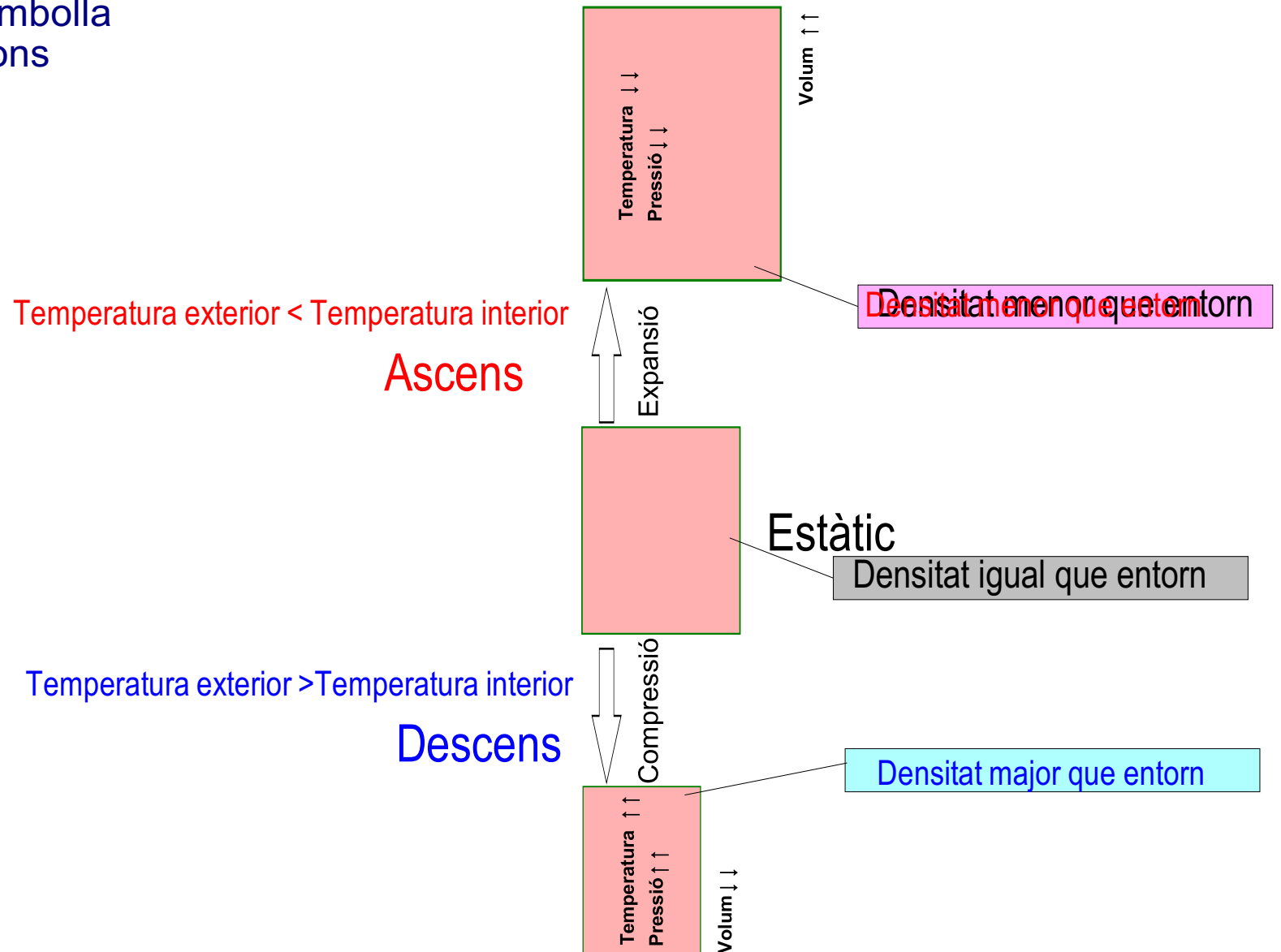
Comportament Vertical

- A la troposfera els ascensos i descensos d'aire es produeixen de forma adiabàtica, sense intercanvi de calor entre la massa d'aire en moviment i la que l'envolta, degut a la poca conductivitat tèrmica de l'aire i a la relativa rapidesa dels moviments verticals d'aire.
 - ▶ Quan una massa d'aire ascendeix o descendeix està sotmesa a diferent pressió i pateix canvis de temperatura:
 - una compressió adiabàtica (**un descens**) dóna lloc a un escalfament
 - una expansió adiabàtica (**un ascens**) comporta un refredament.



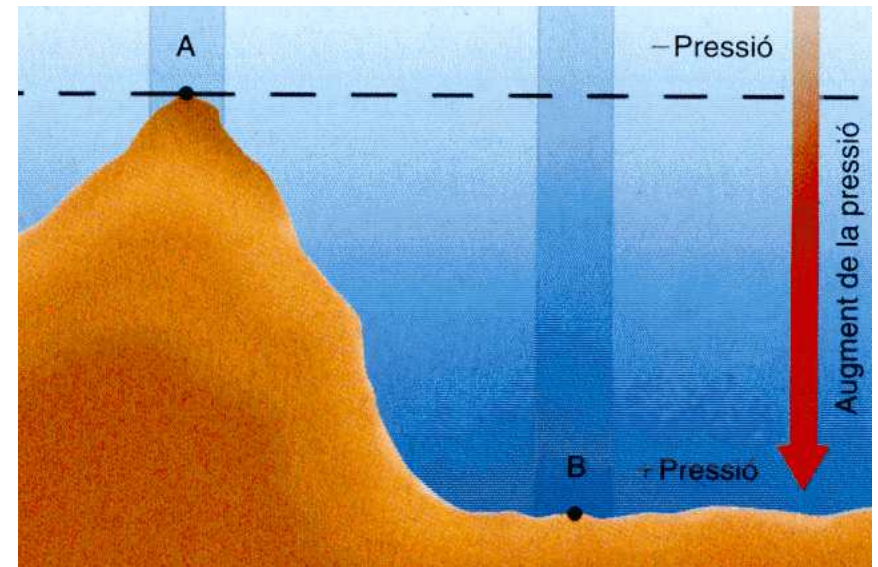
Comportament Vertical

- Opcions d'una Bombolla en moviment segons l'aire circumdant

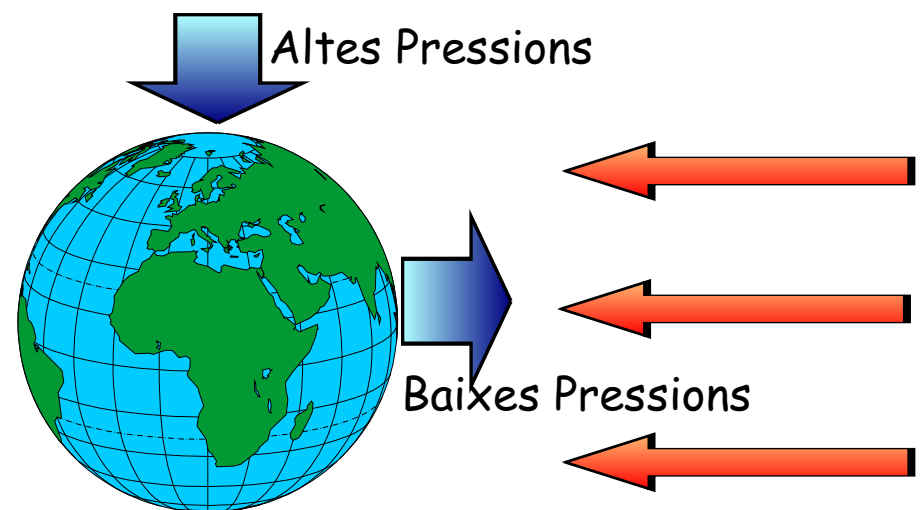


Dinàmica atmosfèrica: Gradients de pressió

- Variació de la pressió amb l'alçada
 - ▶ La pressió atmosfèrica disminueix amb l'alçada degut a dos factors:
 - L'atmosfera perd ràpidament densitat amb l'altura
 - En ascendir en l'atmosfera, la columna d'aire que queda per damunt és menor.



- Variació de la pressió amb la latitud
 - ▶ Les zones de l'equador i els tròpics reben més calor que els pols i les zones properes a ells.
 - ▶ Les zones més càlides (tropicals i equatorials) amb l'aire més calent tenen menys pressió atmosfèrica que les zones més fredes (properes als pols) amb l'aire més fred.



Moviments convectius

- El moviment de les masses d'aire es basa en un model de cèl.lula convectiva:
 - ▶ L'aire calent és poc dens i puja
 - Les zones en que hi ha masses d'aire calent que s'eleva són zones de baixes pressions
 - ▶ A mesura que puja es refreda (es torna més dens) i tendirà a descendir.
 - Les zones en que l'aire és fred i baixa són zones d'altres pressions.

