

A ATMOSFERA



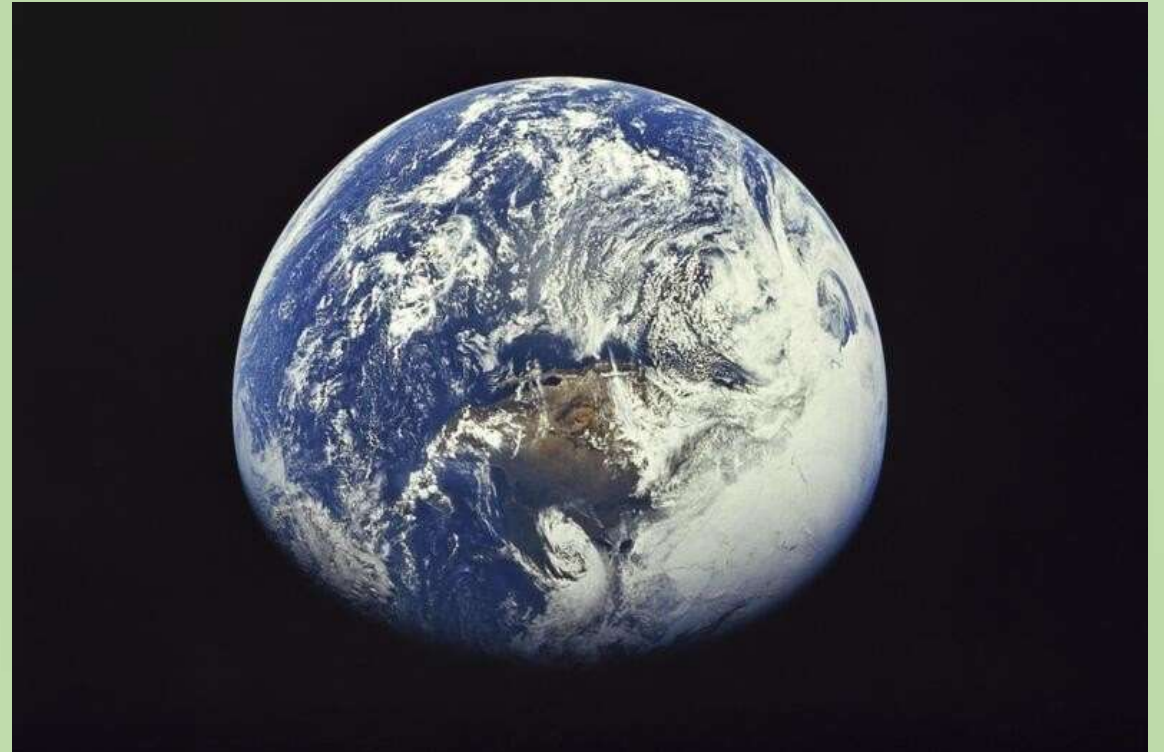
**O caminante sobre o
mar de nuvens.**
Caspar David Friedrich

A dinámica das capas fluídas

Chamamos capas fluídas á atmosfera e a hidrosfera porque ambas están constituídas por fluídos, aire e auga, respectivamente.

Ambos sistemas constitúen a máquina climática, sistema dinámico que funciona con **enerxía solar** e determina o **clima** en gran medida.

Entre ambos, distribúen a enerxía proveñente do sol que orixinalmente chega de maneira moi desigual ás diferentes partes do globo terráqueo.



A dinámica das capas fluídas

O comportamento da atmosfera e a hidrosfera é distinto debido as súas diferentes densidades, compresibilidade, mobilidade e a súa capacidade para almacenar e conducir a calor.

Pero ambos teñen en común certos comportamentos que se resumen en:

- **Movementos verticais:** estes movementos dependen da temperatura, xa que ambos fluídos son menos densos canto maior sexa a temperatura á que se atopen.
- **Movementos horizontais:** relacionados coa diferenza de presións que tamén dependen do diferente grado de insolación en diferentes lugares. A **presión atmosférica** é o peso que a atmosfera exerce sobre a superficie terrestre. Mídese co barómetro.



Atmosfera

Composición

Os compoñentes maioritarios da atmosfera actual son os seguintes:

Compoñente	% en volume
N ₂	78 %
O ₂	20,9 %
Ar	0,93 %
CO ₂	0,03 %
Outros	0,14%

O vapor de auga considérase un compoñente variable, xa que a súa cantidade non é estable, pero é moi importante na regulación do clima.

Atmosfera

Composición

Ademáis hai outros gases minoritarios, que se miden en partes por millóns (ppm) debido a súa escaseza. Entre eles atópanse...

Gases reactivos	Gases non reactivos
CO	He
CH ₄	Ne
NO, NO ₂	Kr
NH ₃	Xe

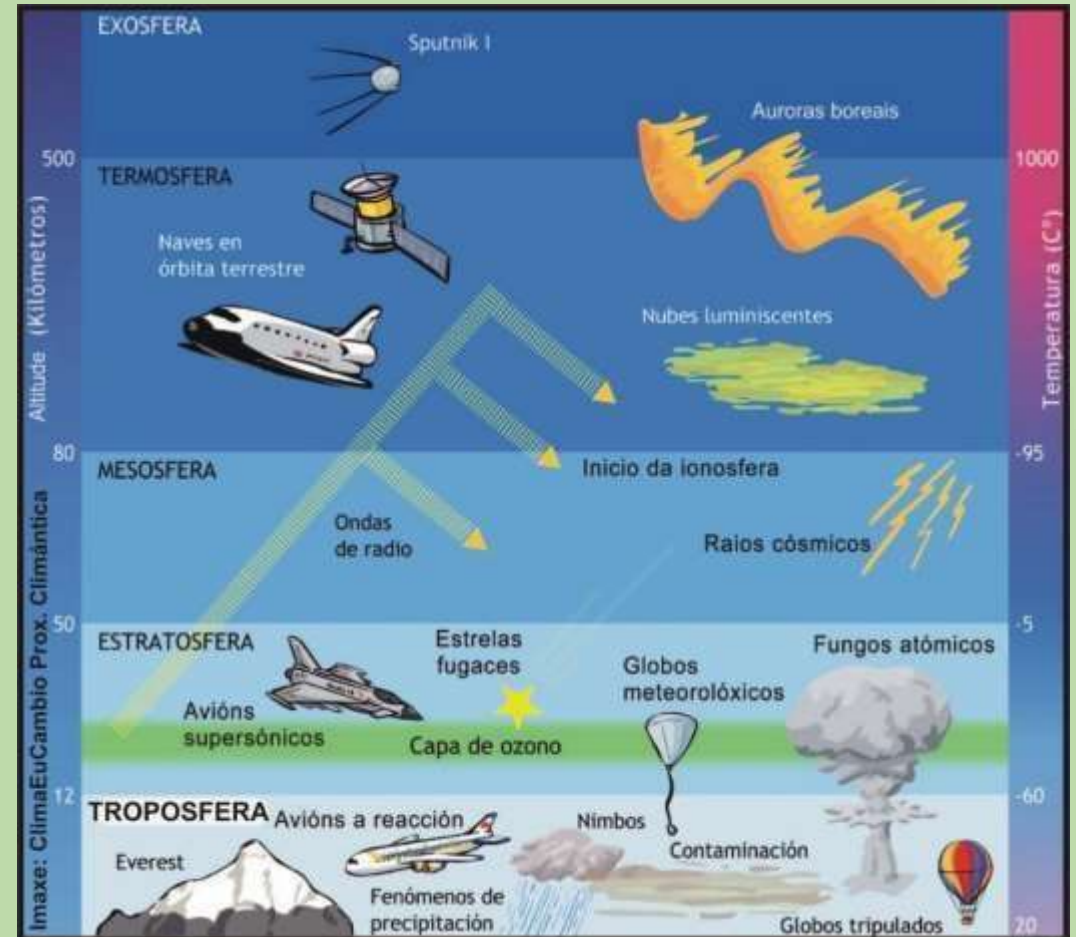
Tamén hai, na atmosfera, **contaminantes** cuxas proporcións flutúan debido a moitas variables como a distancia ao punto de emisión, as correntes atmosféricas, a meteoroloxía...

Atmosfera

Estrutura da atmosfera

Tódolos compoñentes da atmosfera, se dispoñen por capas de maneira vertical, polo que podemos distinguir diferentes estratos, que teñen unhas características e composición diferentes.

- Exosfera
- Termosfera
- Mesosfera
- Estratosfera
- Troposfera



Atmosfera

Estrutura da atmosfera

Troposfera

- É a capa inferior da atmosfera. Vai **dende a superficie da Terra ata a Tropopausa**.
- A súa **altitude (0-10km)** varía coa latitude e coas estacións; sendo o límite da Tropopausa aos 20km.
- A súa importancia radica en que debido a súa compresibilidade, nela concéntrase o **80% dos gases atmosféricos** (O₂, N₂ e CO₂) que posibilitan a vida.
- A gran concentración destes gases xunto a superficie, fai que a **presión atmosférica descendá** bruscamente coa altitude. Dende os 1013 mbar (1 atm) ao nivel do mar, a uns 200mbar na tropopausa.
- Tamén **diminúe a Tª coa altitude** ata os **-70°C na tropopausa**. Esta diminución ten un valor medio duns **0,65°C/100m** e denomínase gradiente vertical de Tª (**GVT**).
- Nesta capa ten lugar o **efecto invernadoiro**, orixinado pola presenza de certos gases que absorben a maior parte da radiación infravermella procedente do sol e o 88% da emitida pola superficie terrestre, mantendo a superficie terrestre nunha temperatura media de 16°C. Se non ocorre este fenómeno, a temperatura da Terra sería de -20°C.
- Tamén é o lugar da maioría dos **fenómenos meteorolóxicos** polo que se coñece como a capa do clima.



Cumulonimbo



Nube lenticular

Atmosfera

Estrutura da atmosfera

Estratosfera

- Exténdese dende a tropopausa até a **estratopausa (50-60 km)**.
- A **temperatura aumenta coa altura**, até alcanzar o seu valor máximo na estratopausa.
- Nesta capa, o **aire é moi tenue (19% dos gases)** e non existen movementos verticais, **soamente horizontais**, debido a súa disposición en estratos.
- Non existen nubes, salvo na súa parte inferior, na que se forman unhas **nubes de xeo** cuxa estrutura é moi tenue (**noctilucentes**).
- Entre os **15 e 30 km de altura**, atópase a **capa de ozono**, na que se concentra a maior parte do ozono atmosférico, e que nos protexe dos raios ultravioletas (UV).



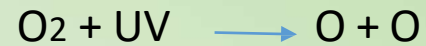
Atmosfera

A capa de ozono

O ozono é unha molécula triatómica, gaseosa e de cheiro picante que existe en toda a atmosfera, incluída na troposfera, na que constitúe un contaminante. Pero a maior parte atópase concentrado na estratosfera (15-30 km) .

Mecanismo de formación:

- 1) Fotolise do osíxeno pola luz ultravioleta:



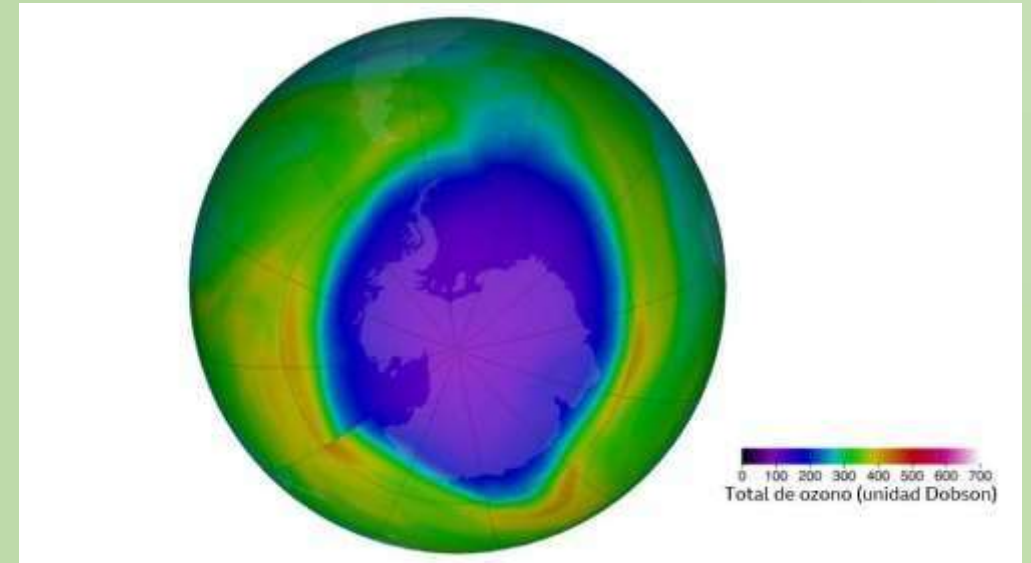
- 2) Formación do ozono:



Mecanismos de destrución:

- A) Fotolise do ozono: $\text{O}_3 + \text{UV} \longrightarrow \text{O}_2 + \text{O}$

- B) Posible reacción del ozono con el O₂ atómico: $\text{O}_3 + \text{O} \longrightarrow 2 \text{O}_2$



Burato na capa de ozono

Atmosfera

Estrutura da atmosfera

Mesosfera

-Exténdese dentde a estratopausa ata a **mesopausa**, situada a uns **80 km de altura**.

-A temperatura diminúe de novo até uns -80°C .

-Aínda que a **densidade do aire é moi reducida (6% dos gases)**, resulta suficiente como para o roce das partículas que contén provoquen a inflamación dos meteoritos procedentes do espacio, dando lugar as **estrelas fugaces**.



Atmosfera

Estrutura da atmosfera

Ionosfera ou Termosfera

- Exténdese dende a mesopausa ata a termopausa no **kilómetro 600**.
- A temperatura aumenta até uns **1000 °C**, debido á **absorción** das radiacións solares de onda máis curtas e daniñas (**raios X e gamma**) levada a cabo polas moléculas de N_2 e O_2 presentes, que se transforman en ións de carga positiva, liberándose electróns e formándose **auroras boreais e austrais**.
- Dá lugar a un **campo magnético terrestre** comprendido entre a ionosfera, cargada positivamente e a superficie terrestre, cargada negativamente.



Atmosfera

Estrutura da atmosfera

Exosfera

-Vai dende a termopausa ata os **800km de altura** aproximadamente.

-É a última capa e o seu límite ven marcado pola **baixísima densidade atmosférica**, similar á do espazo exterior.

- Eiquí o aire é tan tenue que **non pode captar a luz solar**, e debido a isto, a cor do **ceo vaise oscurecendo** até alcanzar a negrura do espazo exterior.



Atmosfera

Funcións da atmosfera

Ten dúas funcións: protectora e reguladora

FUNCIÓN PROTECTORA

A atmosfera actúa como un filtro para algunhas radiacións electromagnéticas emitidas polo Sol reducindo así os seus efectos prexudiciais.

→ **Radiacións de onda curta** (raios X, gamma e UV curtos): absorbidos pola ionosfera

→ **Radiacións de onda UV máis longa**: quedan na capa de ozono (estratosfera)

→ **Radiacións infravermellas**: absorbidos polo gases do efecto invernadoiro (troposfera)

→ **Radiacións do espectro visible**

Atmosfera

Funcións da atmosfera

Ten dúas funcións: protectora e reguladora

FUNCIÓN REGULADORA

- A presenza de **nubes** na troposfera **incrementa o albedo** da Terra, polo tanto as temperaturas non aumentan. O albedo é a porcentaxe de radiación que reflicte a Terra con respecto á radiación que incide sobre ela.
- O **efecto invernadoiro regula a temperatura terrestre** mantendo a superficie nunha temperatura media de 15°C. Este fenómeno natural non é algo prexudicial, é prexudicial o efecto invernadoiro “artificial” polo aumento dos gases do efecto invernadoiro prodendo provocar así un aumento das temperaturas.
- As **diferenzas de presión e temperatura** entre as capas baixas e altas da **troposfera** provocan os **movementos verticais e horizontais** do vento.

Dinámica atmosférica

Movements verticais

Os movementos verticais que teñen lugar na troposfera denomínanse de **convección** e débense a variacións de humidade, temperatura e presión atmosférica.

Movemento verticais debidos á humidade

- **Convección por humidade:** Presenza de vapor de auga no aire, que o fai máis lixeiro (menos denso). Aínda que non o vemos, o vapor de auga está presente na atmosfera, e podemos medilo de dúas maneiras:
 - **Humidade absoluta:** cantidade de vapor de auga que hai nun volume determinado de aire (g/m^3).
 - **Humidade relativa:** cantidade, en % de vapor de auga que hai en 1 m^3 , en relación coa máxima que pode haber, até o punto de saturación.



Dinámica atmosférica

Movimentos verticais

Movimento verticais debidos á humidade

Humidade absoluta

Esta cantidade non é un dato significativo, porque a cantidade de vapor de auga que cabe no aire depende da temperatura. O aire frío pode conter moi pouca humidade, mentres que o quente pode admitir moita. Cando o aire non pode conter máis vapor de auga, dicimos que está saturado de humidade.

Dado que a saturación do aire non depende soamente da humidade absoluta, senón que tamén depende temperatura, recurrimos á humidade relativa...



Dinámica atmosférica

Movimientos verticais

Humidade relativa

Se indicamos que a humidade relativa é do 25 %, queremos dicir que a unha determinada temperatura o aire podería conter catro veces máis vapor do que contén.

Así, cando unha masa de aire elévase, vaise arrefriando a medida que ascende, até un punto no que alcanza a temperatura de **punto de rocío**. Entón o vapor de auga, comeza a condensarse e faise visible (néboa ou nubes).



Dinámica atmosférica

Movimientos verticais

Movimiento verticais debidos á temperatura

• **Convección térmica:** orixínase polo contraste de temperatura de diferentes masas de aire que realiza continuos movementos verticais de ascenso e descenso. Normalmente as masas pegadas á superficie terrestre quéntanse debido á calor recibida desde a superficie da Terra e ascenden. Unha vez que chega ás zonas superiores da atmosfera este aire arrefría. Chamamos **gradiente vertical** á diferenza de temperatura entre dous puntos situados a unha diferenza de altitude de 100m.

→ GVT (GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA)

Representa a variación vertical de T^a no aire en **condicións estáticas ou de reposo**. O seu valor na troposfera so ser de **0,65º/100m**. Pero este valor é variable, incluso pode existir **inversión térmica** (GVT negativo). Esta situación atmosférica dáse cando se invirte o descenso normal da T^a coa altura. Isto ocorre cando o aire cálido se antepón a unha capa de aire frío, facendo así de tapadeira, e impedindo o movemento do aire frío. Máis frecuentes nas noites de inverno porque a terra non recibe a radiación solar e arrefríase. Ocorre en vales, onde o aire pode estar estancadado.



Situación de inversión térmica

Dinámica atmosférica

Movimentos verticais

Movementos verticais debidos á presión

Gradiente adiabático

Neste caso refírese a un gradiente **dinámico** (unha masa de aire que se move) e adiabático xa que se produce por causa dunha **variación da presión do aire, non existe intercambio térmico (de calor) entre esa masa e o aire do entorno**. Hai dous tipos de gradiente adiabático, seco (GAS) e húmido (GAH).

→GAS (GRADIENTE ADIABÁTICO SECO)

Este gradiente a diferenza do GVT, é dinámico, xa que afecta a unha masa de aire que se atopa realizando un movemento vertical por estar en desequilibrio co aire do entorno (diferente t^a ou cantidade de vapor de auga). Por iso, vese obrigada a ascender ou descender até alcanzar o equilibrio.

As masas de aire, ao ascender a presión que soporta diminúe e o aire expándese, aumenta o seu volume, polo tanto diminúe a súa temperatura. Ao descender sucede o contrario, seguindo a lei dos gases perfectos: $P \cdot V = nRT$

O valor deste gradiente é de **1°C/100m** (diminúe un 1°C cada 100m de ascenso). Os valores do GAS varían segundo sexan anticiclóns ou borrascas.

Denominándose “seco” por levar a auga en forma de vapor.

Dinámica atmosférica

Movimientos verticais

Movimiento verticais debidos á presión

Gradiente adiabático

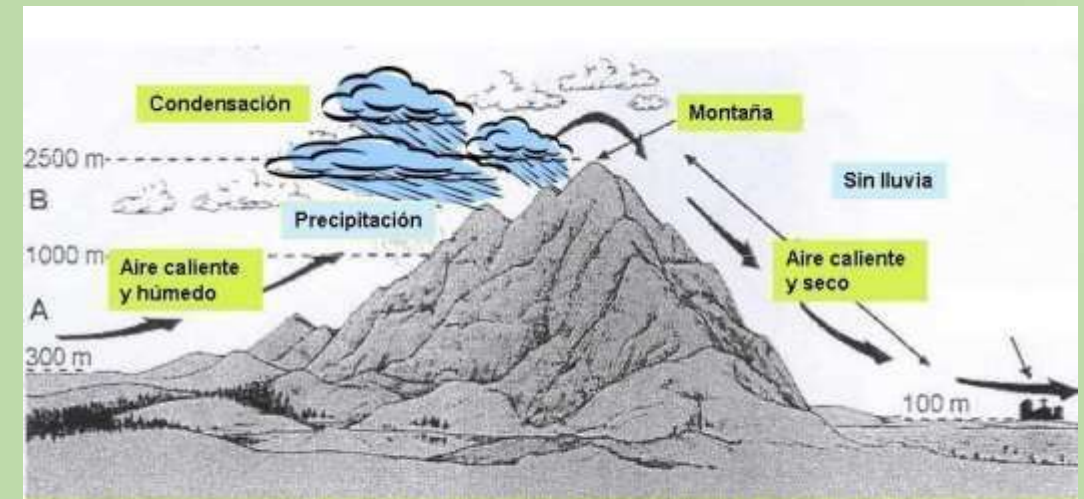
- Gradiente adiabático húmido (GAH)

No momento en que a masa ascendente alcanza o **punto de rocío**, **condénsase o vapor de auga** que contiña e fórmase unha **nube**.

Durante a condensación libérase calor, polo que o GAS non pode ser $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ senón que será menor (soe estar entre **0,3 e 0,6 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$** segundo a cantidade de vapor de auga).

A masa proseguirá o seu ascenso, pero co gradiente rebaixado, que recibirá o nome de **Gradiente adiabático húmido (GAH)**.

O GAH aumentará progresivamente a medida que o aire perde humidade, ata que todo o vapor se condense. Entón o seu valor será novamente de $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, é dicir o do GAS. **(Efecto foehn)**.



Efecto Foehn. La topografía, en este caso la ladera de la montaña, obliga a la masa de aire caliente y húmedo a ascender, el vapor de agua se condensa, se forman nubes, algunas de ellas precipitan en forma de agua y otras se quedan en la cima (efecto barrera). Al otro lado de la ladera, el aire ya seco desciende con rapidez, aumenta la presión atmosférica y por tanto la temperatura (efecto Foehn).

Dinámica atmosférica

Movimentos verticais

Células de convección: cando un fluído se quenta, a súa densidade diminúe e ascende, o oco que deixa é ocupado por un fluído máis denso, producindo así un transporte de calor polas células que ascenden e descenden.

Condicións de estabilidade e inestabilidade atmosférica: anticiclóns e borrascas

Como consecuencia que hai zonas de alta presión e outras con baixa presión prodúcese o movemento das masas de aire. Como vimos, a causa das diferenzas de presión, establécese un gradiente entre as zonas de maior e de menor presión.

Debido a este gradiente, o aire circula en forma de correntes de convección (células de convección), en forma de:

- Borrascas

- Anticiclóns

Dinámica atmosférica

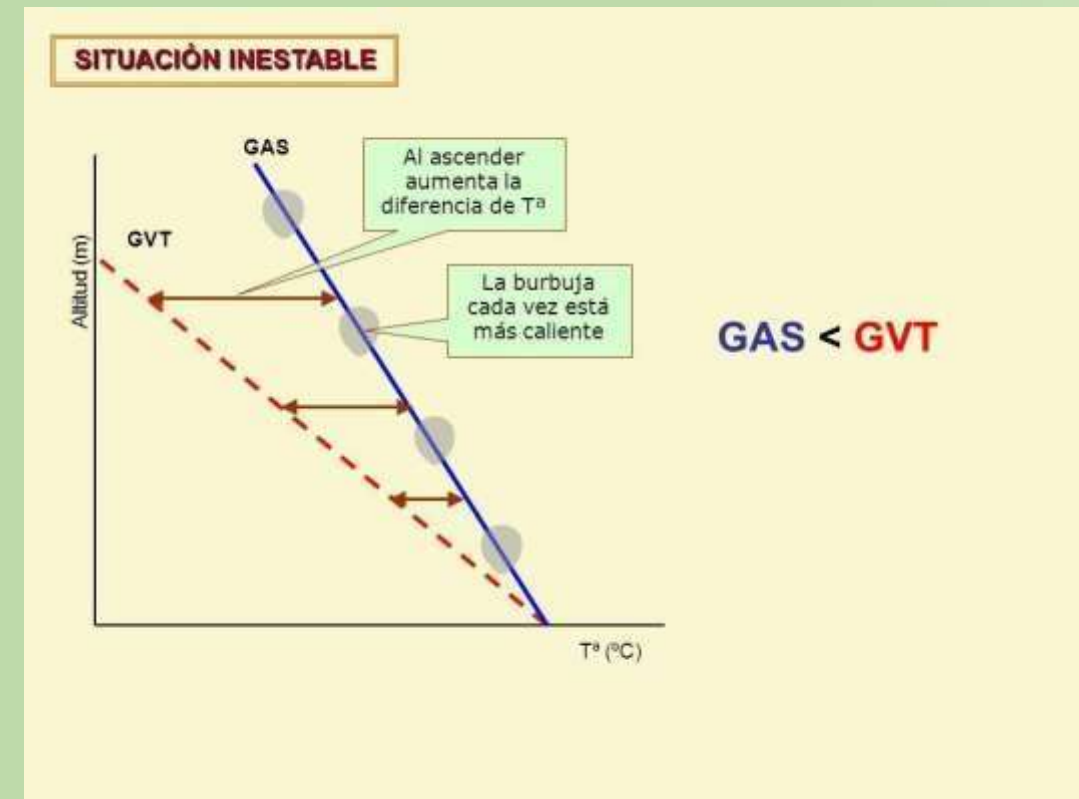
Movimientos verticais

Condições de estabilidade e inestabilidade atmosférica

- Inestabilidade: BORRASCA

A borrasca é un centro de baixas presións, inferiores a 1014mb. Existe inestabilidade cando hai movementos ascendentes (de convección) dunha masa de aire cuxa temperatura interior varía conforme ao GAS ($1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) no seno dunha masa de aire estática cuxas variacións térmicas correspóndense co GVT. Para que o ascenso sexa posible, **GVT > GAS** é dicir, o aire exterior tense que arrefriar máis rápido que o interior. Se o representamos nunha gráfica, a línea de GVT atópase á esquerda da línea do GAS.

Ao existir movementos verticais, o **aire ascendente** formará unha **borrasca (precipitacións)** en superficie e **ventos converxentes** que ocuparán o seu lugar. No hemisferio norte o aire móvese en sentido contrario das agullas do reloxo, mentres que no hemisferio sur vai no mesmo sentido que as agullas do reloxo.



Dinámica atmosférica

Movimientos verticais

Condições de estabilidade e inestabilidade atmosférica

- Estabilidade ou subsidencia: **ANTICICLÓN**

A situación de estabilidade é inversa á da borrasca, pois a provoca o descenso dunha masa de aire frío e denso que se atopa a determinada altura.

Na superficie, a estabilidade vai xerar un **anticiclón** por aumento da presión atmosférica nesa zona. Polo tanto, un anticiclón é un **centro de altas presións, superiores a 1014mb**. A **masa de aire** a medida que **descende** sécase polo aumento de temperatura e polo tanto impide as precipitacións. Neste caso os **ventos serán diverxentes**.

Hai dous tipos de situacións de estabilidade:

- GVT sexa positivo e menor que o GAS ($0 < \text{GVT} < \text{GAS}$)

- GVT sexa negativo ($\text{GVT} < 0$): inversión térmica
No hemisferio norte, o vento xira no sentido das agullas do reloxo, mentres que no hemisferio sur no sentido contrario.

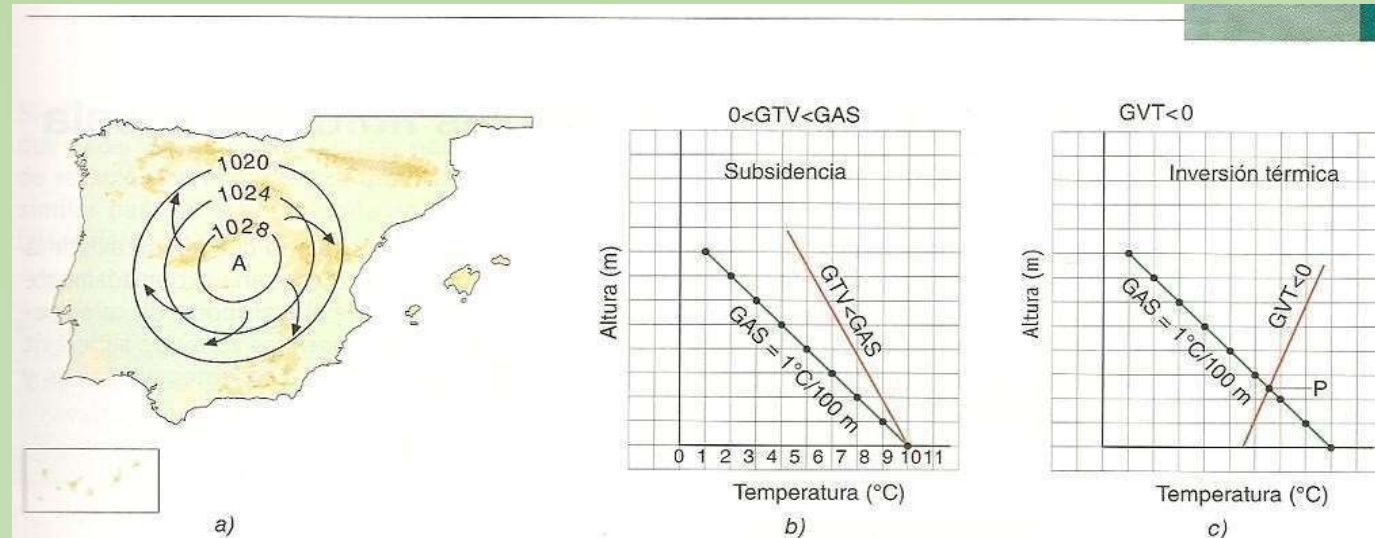


Fig. 8.12. Condiciones de estabilidad atmosférica. En c) por encima de «P» se detiene la ascensión.

Dinámica atmosférica

Movimientos horizontais

O transporte de calor dende as zonas de superavit de calor (ecuador) até as zonas de déficit (polos) é facilitado pola acción dos ventos e das correntes oceánicas e dificultado pola presenza das masas continentais.

Dinámica atmosférica global

A circulación horizontal é levada a cabo polo vento. Se un anticiclón e unha borrasca atópanse próximos, o **vento superficial** sopra dende os anticiclóns (zona de altas presións) ás borrascas (zonas de baixas presións), mentres que na parte superior, o **vento de altura**, en sentido contrario.

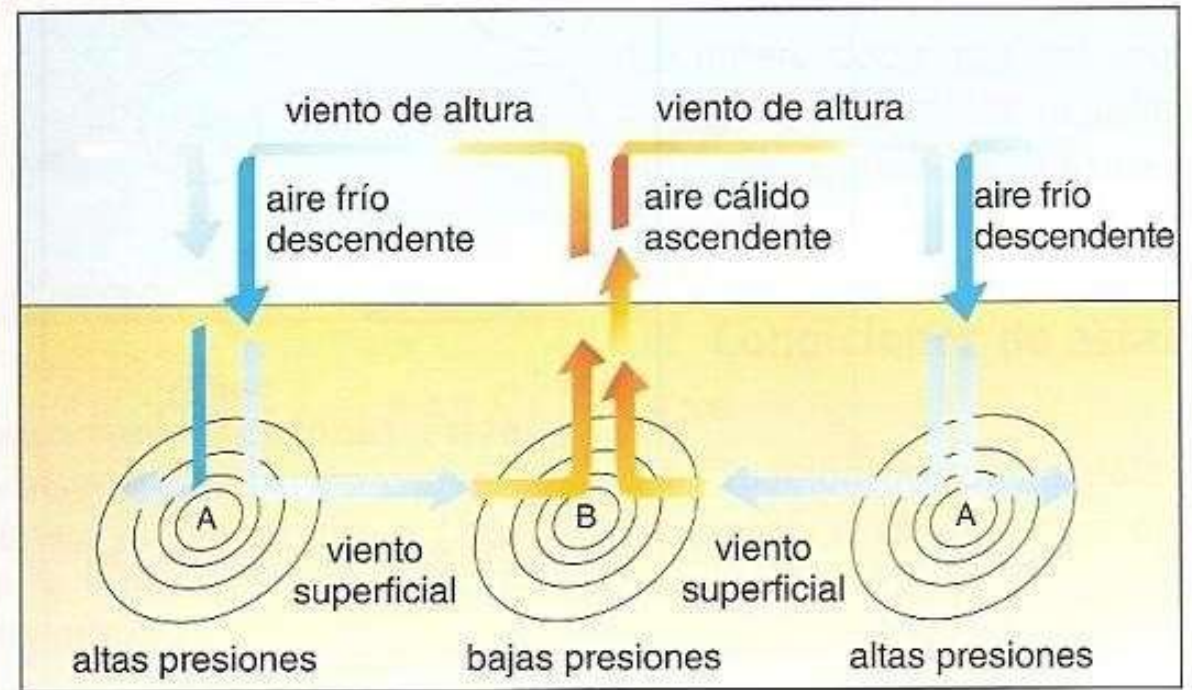


Fig. 8.15.a. El viento superficial va desde los anticiclones a las borrascas; el de altura circula en sentido contrario.

Dinámica atmosférica

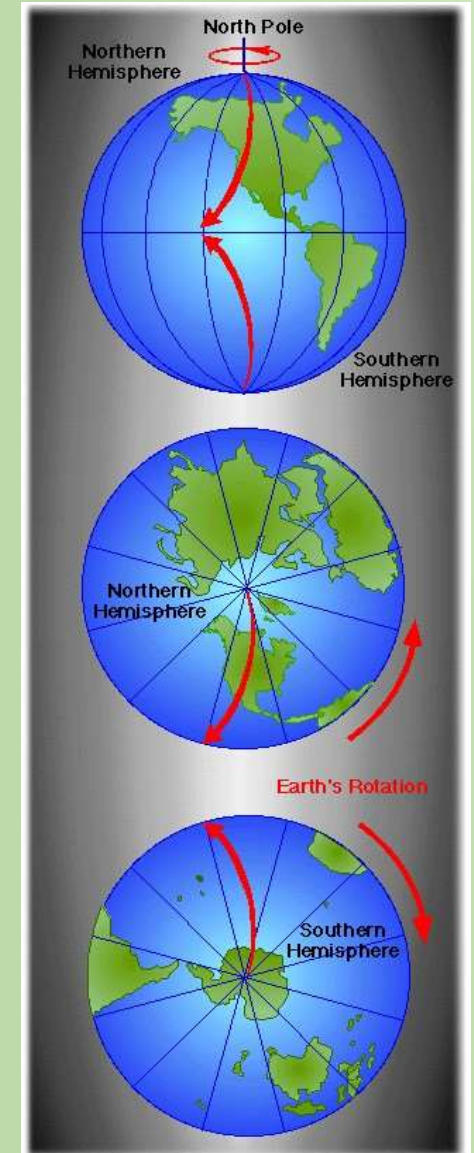
Movimentos horizontais

O efecto Coriolis

- É consecuencia do movemento de rotación terrestre e do seu sentido de xiro antihorario.
- Como consecuencia disto, o vento é desviado pola forza de Coriolis, dando como resultado un xiro en sentido horario en torno aos anticiclóns e antihorario nas borrascas. Pero isto é xusto ao contrario no hemisferio sur.
- É máxima nos polos e nula no ecuador, debido a que a circunferencia Terrestre no ecuador é maior que nos polos. Existe unha mesma velocidade angular pero distinta velocidade lineal.



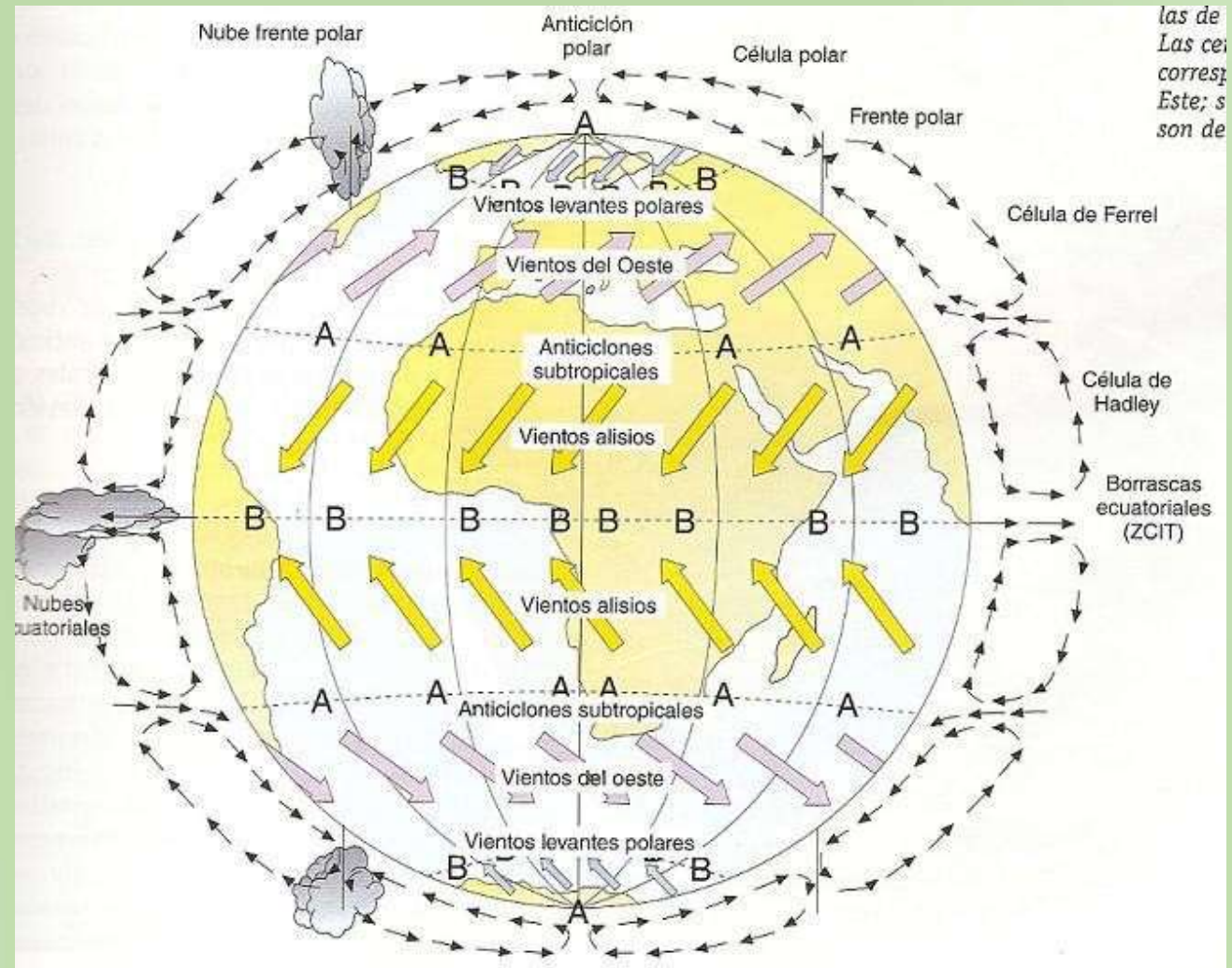
Experimento Coriolis



Dinámica atmosférica

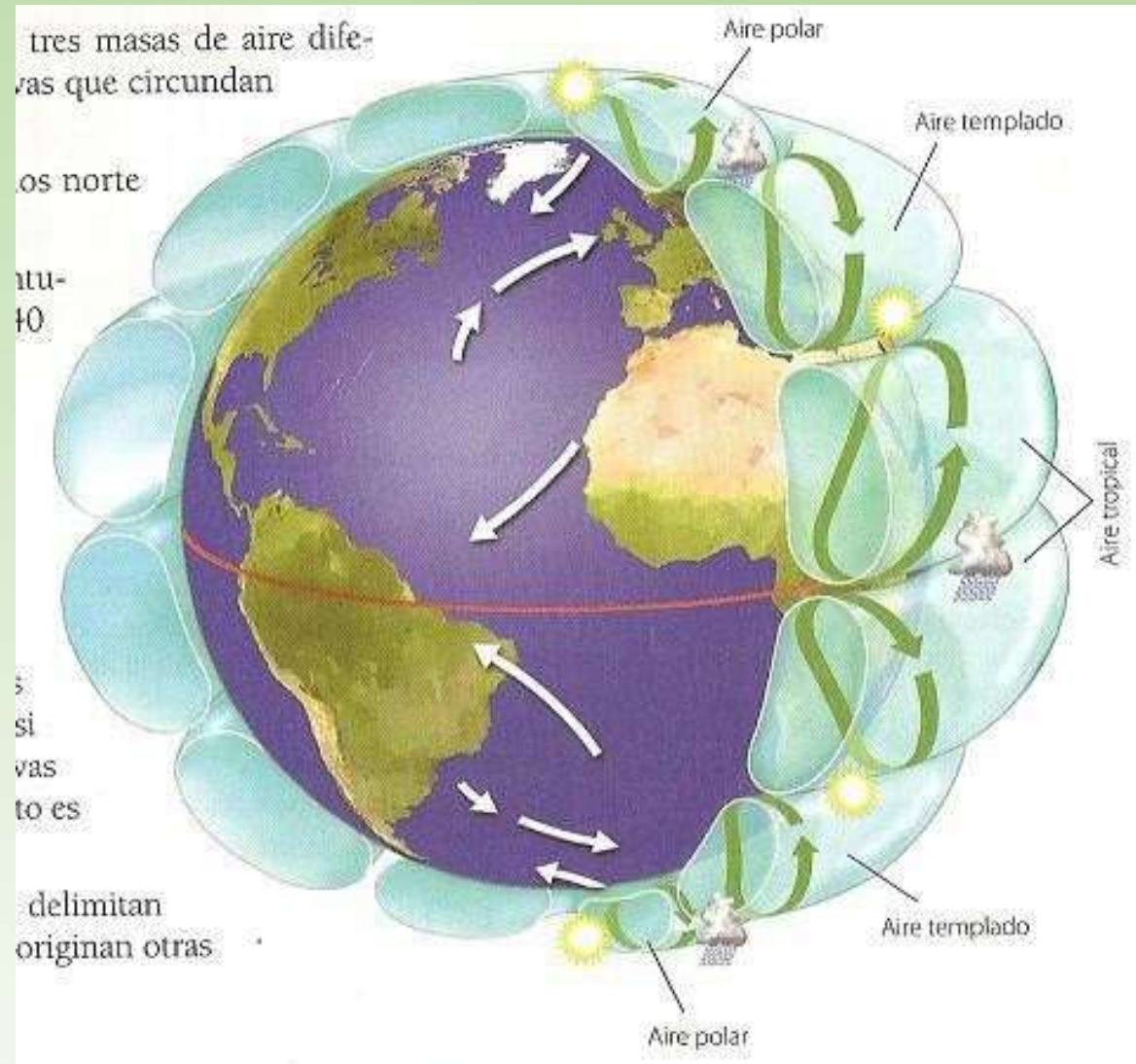
Movimientos horizontais

- Nas zonas ecuatoriais o quecemento é intenso, xa que os raios solares inciden verticalmente. Por iso, o aire quente por contacto coa superficie terrestre tende a ascender provocando as borrascas ecuatoriais.
- Nas zonas polares, as baixas temperaturas van provocar o aplastamento do aire frío contra o solo, e o asentamento dun anticiclón polar permanente sobre elas.
- Teoricamente o vento da superficie do planeta tería que recorrer o globo dende os anticiclóns polares ás borrascas ecuatoriais, pero a forza de coriolis desvía a súa traxectoria creando tres tipos de células: **Hadley, polares e de Ferrel**.



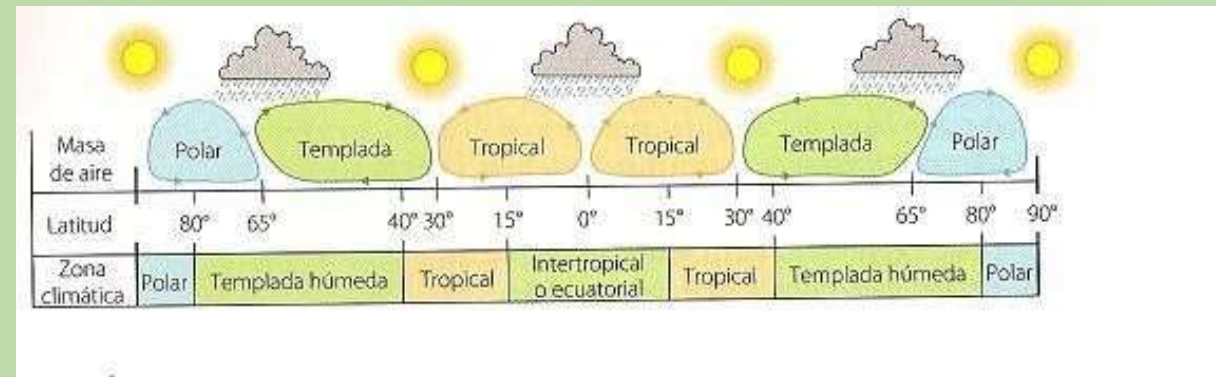
Dinámica atmosférica

Movimientos horizontais



Tanto a ZCIT como todos os cinturóns de borrascas e anticiclóns, non están situados sempre no mesmo sitio, senón que varían ao longo do ano.

Así, durante o verán do hemisferio norte, todos eles desprázanse cara o norte e no inverno cara o sur.



Dinámica atmosférica

Movimientos horizontais

- **CÉLULA DE HADLEY:** é o principal motor dos movementos atmosféricos.
- **CÉLULA POLAR:** créanse zonas de altas presións permanentes.
- **CÉLULA DE FERREL:** fórmanse entre as dúas células anteriores. Dá lugar á fronte polar, que non ten unha latitude constante, senón que se ondula e fragmente, formando os principais sistemas de fronte.

