



**Climántica**  
Clima  
Home  
Cambio

Proxecto de Educación Ambiental CAMBIO CLIMÁTICO

Libro Didáctico **3**:

# AUGA E CAMBIO CLIMÁTICO

Capítulo 2. A auga en movemento

978-84-453-4994-6

Francisco Sóñora Luna (coordinador)  
Francisco Anguita Virella



XUNTA DE GALICIA

## 2. A AUGA EN MOVIMENTO

Responde co que sabes agora

- Que diferenza existe entre os conceptos ciclo hidrolóxico e balance hídrico?
- Fai un esquema do ciclo hidrolóxico.
- Pódese evaporar a auga a temperaturas inferiores a 100°C?
- Que condicións se teñen que dar para que se produzan precipitacións?
- Que diferenza existe entre humidade absoluta e humidade relativa?
- Que diferenza existe entre humidade absoluta e humidade relativa?
- Que diferenza existe entre o orballo e a xeadada?
- Que diferenza existe entre borrasca e tormenta?
- Que diferenza existe entre fronte fría e fronte cálida?
- Por que as abas das montañas que miran cara ao océano son máis verdes que as opostas?
- Como lles afectan aos balances hídricos os encoros e os pozos?



Figura 1. Tres manifestacións direntes do ciclo da auga no río Tambre ao seu paso por Ponte Nafonso.

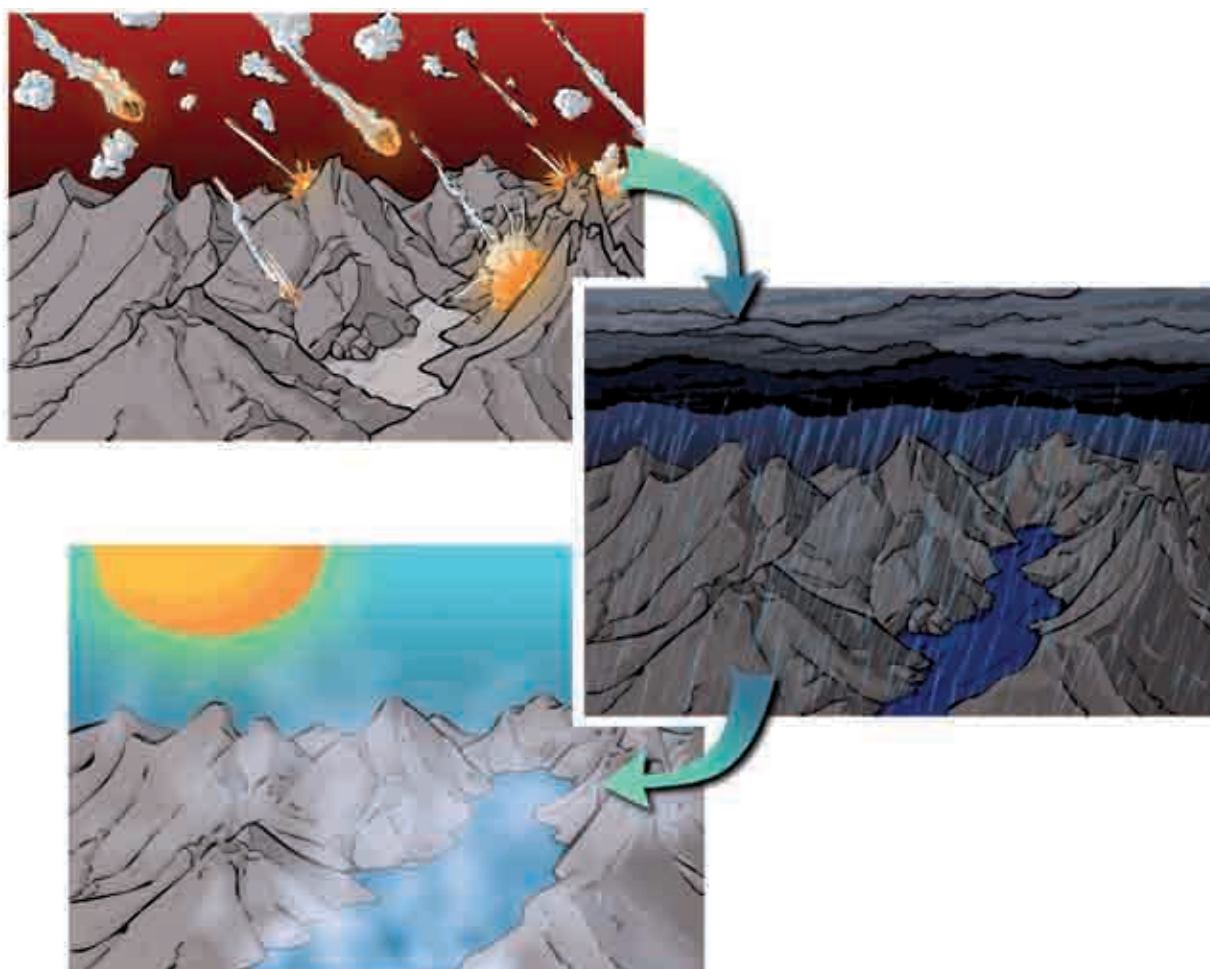




## Un movementu cíclico

Como acabamos de ver no capítulo anterior, actualmente os científicos consideran que a auga chegou á Terra dende a liña de neve, arrastrada polo movementu de meteoritos e corpos semellantes que, na súa traxectoria, se encontraron coa superficie terrestre.

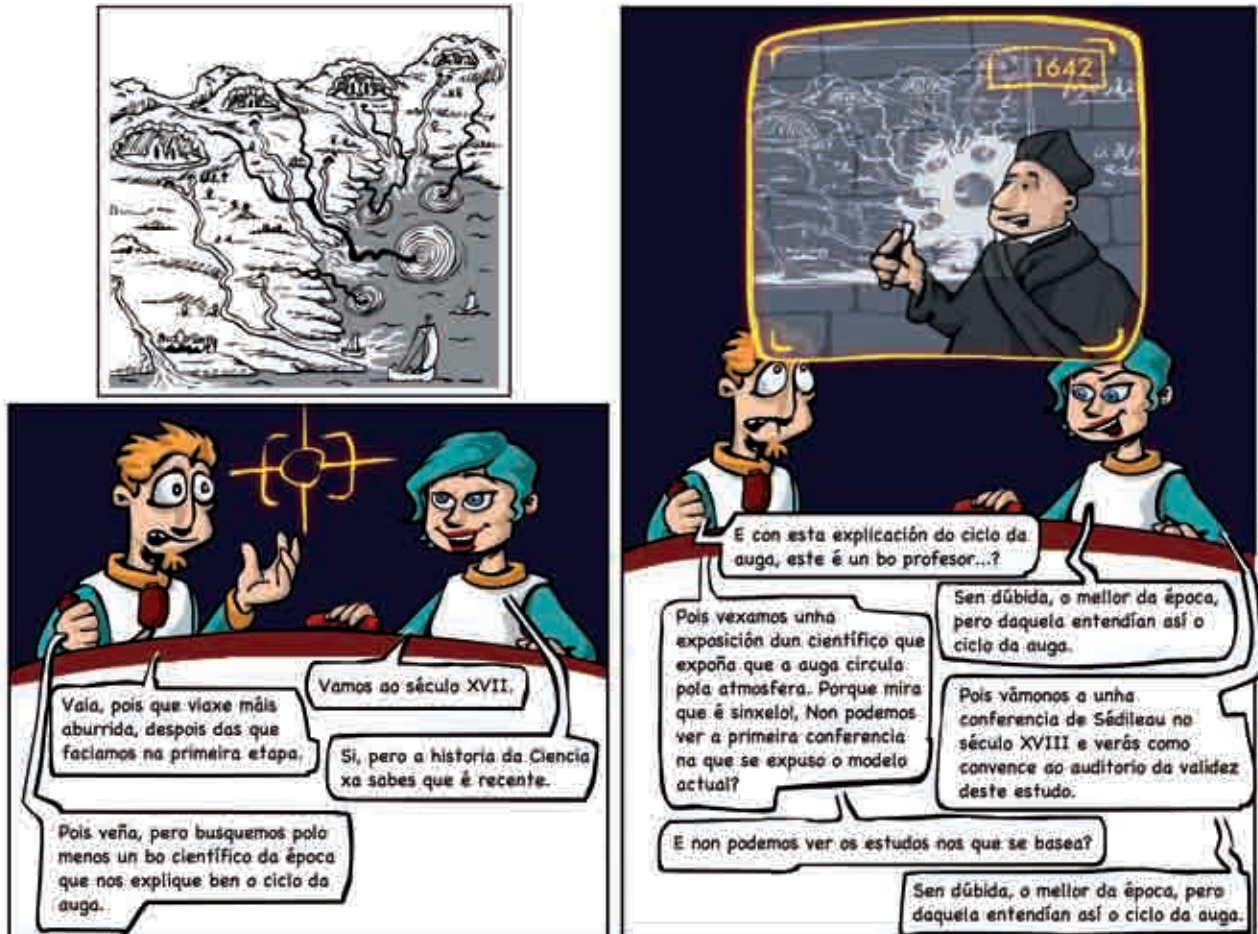
Dende aquela, a auga continúa en constante movementu, tamén polo interior da Terra, e seguindo percorridos tan pintorescos e calorosos como son os volcáns e os geysers. Non obstante, dende que a temperatura descendeu dabondo para que a auga se condensase en forma da chuvia que encheu as primeiras cuncas oceánicas, o principal motor do movementu é o Sol, e no seu percorrido intercámbianse os tres estados: sólido (casquetes polares, glaciares), líquido (mares, ríos, lagos e acuíferos) e gasoso (néboas e nubes).



- Por que ao se arrefriar a Terra, facilitando a condensación en forma de chuvia, o motor para o movementu da auga pasou a ser o Sol?

Este movementu da auga na Terra implicou dende os seus inicios un cambio de estado debido ás diferenzas do quecemento solar, sendo o estado líquido o máis evidente. Este capítulo vai centrarse nos mecanismos que provocan o movementu da auga tanto a nivel global como a nivel rexional.

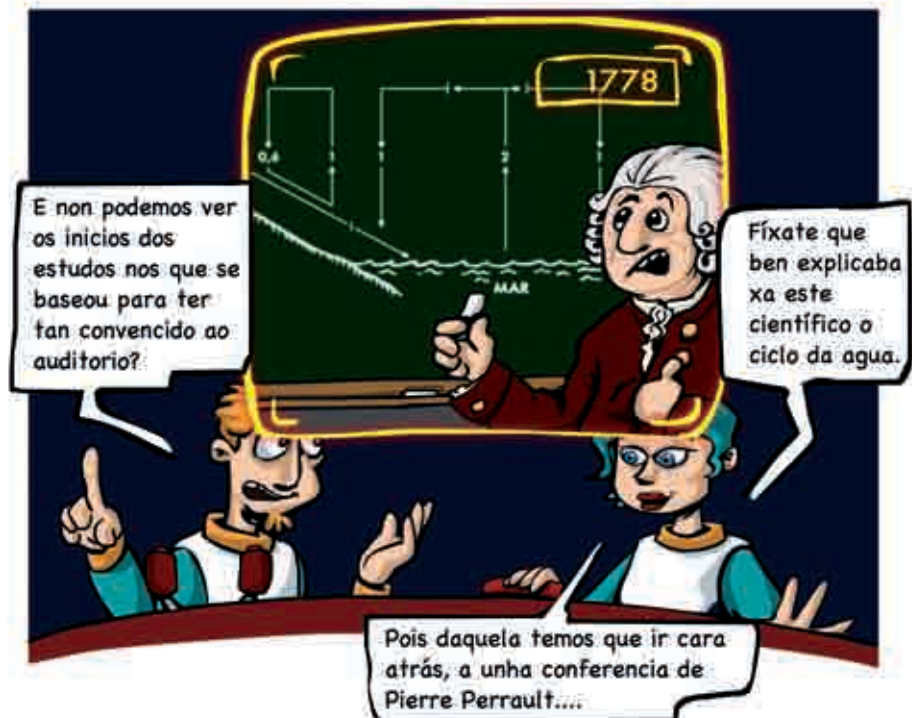
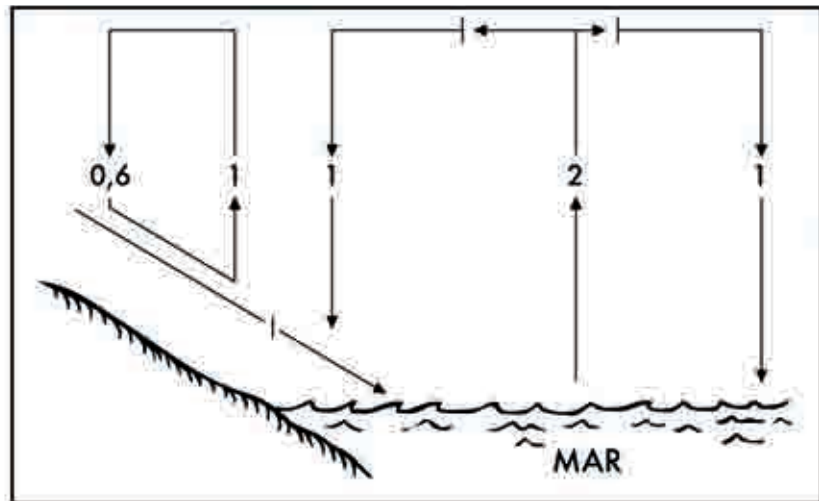
O feito de que o fluír continuo dos ríos cara aos océanos co paso do tempo non se tivese manifestado en forma de subida do mar, levou a idear o primeiro ciclo hidrolóxico. Non obstante, este ciclo que hoxe consideramos tan intuitivo e simple seguiu un camiño complexo na súa construción como modelo. A idea de circulación aparece no Renacemento, pero curiosamente vincúlase a unha circulación polo interior da Terra, totalmente apartada da atmosfera.



Ese primeiro modelo que se aplicou para explicar a circulación cíclica da auga, supoñía que esta se afundía cara ao interior da Terra en determinados puntos dos océanos, circulando polo seu interior ata o cume das montañas. Alí rexurdiría cara á superficie, en forma do nacemento dos ríos.

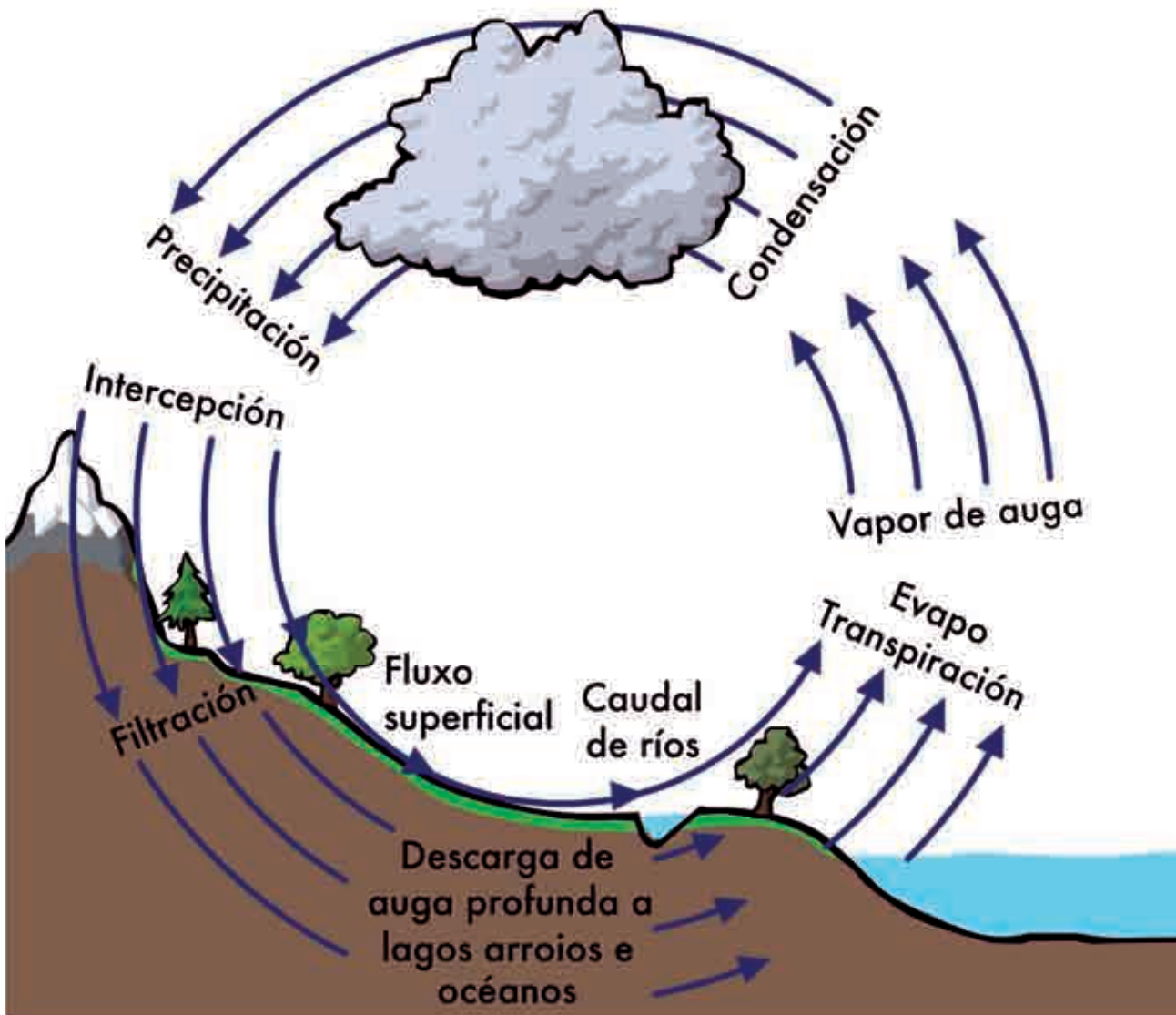
Con todo, co auxe do método científico atopáronse importantes debilidades, relacionadas principalmente coa dificultade de xustificar a presión hidrostática que dera razón do ascenso e a non coincidencia no grao de salinidade da auga do mar e do río. A clave para avanzar dende este modelo ao actual estivo na cuantificación. Medindo a auga das precipitacións que chegaban á cunca do Sena, e comparándoa co seu caudal, que daquela xa era coñecido, atopouse unha coincidencia, que abriu o ciclo da auga á atmosfera e o deixou configurado como o modelo científico que se mantivo ata os nosos días.





- Por que este modelo non é coherente coa teoría hidrostática?
- Por que se di que a diferenza de salinidade entre a auga do río e a auga do mar supuxo unha debilidade para este primeiro modelo?

Xa que logo, as forma en que a auga se move encaixa mentalmente nunha secuencia cíclica de procesos físicos que se coñecen co nome de ciclo hidrolóxico. Este modelo cíclico comprende e integra o conxunto de transferencias de auga entre a atmosfera, o mar e a terra nos seus tres estados, sólido, líquido e gasoso. O motor desta transferencia, como xa dixemos, é o Sol.

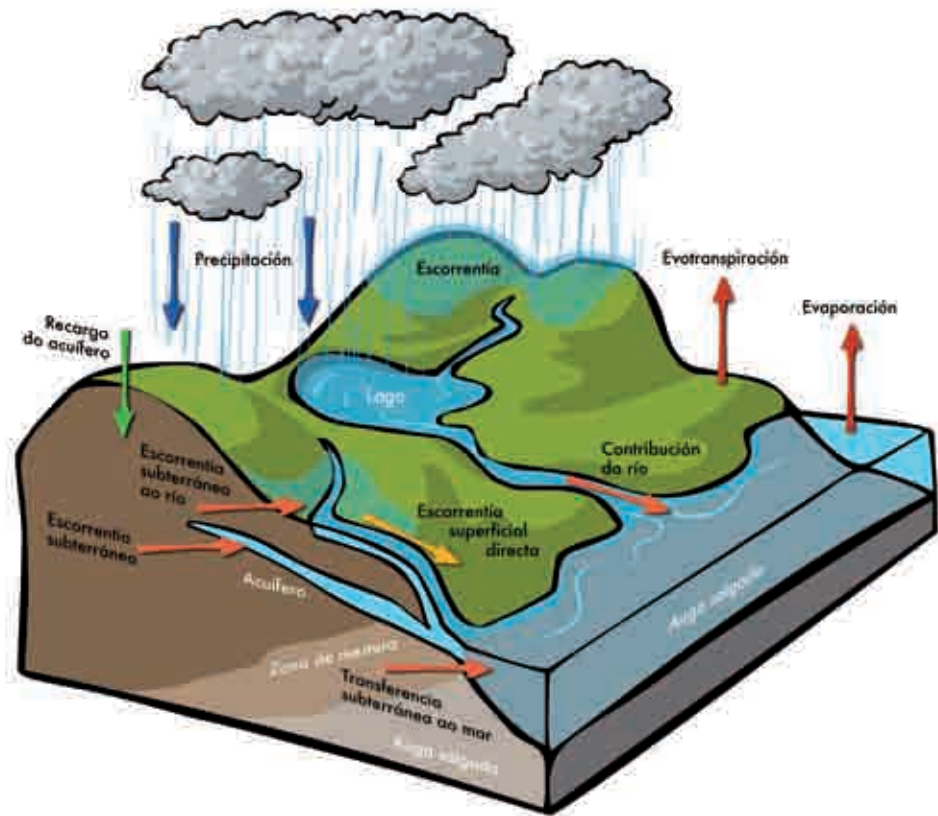


O ciclo hidrolóxico, como modelo mental, comprende a escala planetaria. Polo tanto, é un modelo difícil de aplicar na súa fase continental. Isto supón unha limitación para as análises rexionais, porque esta fase é a que incorpora os recursos hídricos que precisamos para satisfacer as nosas necesidades, a que produce perturbacións como as grandes inundacións e a que mellor reflicte os nosos principais impactos. Por iso, como veremos máis adiante, para interpretar o efecto dos nosos impactos sobre a auga, imos ter que recorrer en moitos casos a balances hídricos de escala máis de detalle.

- Pode o ciclo hidrolóxico explicar as consecuencias do cambio climático sobre a cantidade de auga en calquera parte da Terra? Xustifica a resposta.

Os procesos que se representan mentalmente conectados como un ciclo en actividade continua a escala global son a evapotranspiración, a precipitación, a infiltración, a percolación e a escorrentía superficial e subterránea.





## A evapotranspiración

A evapotranspiración prodúcese a través da evaporación da auga presente na superficie terrestre, xunto coa que está en mares, ríos e lagos e a que procede tamén da terra, incluíndo a transpiración dos seres vivos, en especial das plantas. Como resultado deste proceso determínase a formación de vapor atmosférico, que, ao chegar ás condicións de condensación, retorna en parte á superficie en forma de precipitación líquida ou sólida.

Polo tanto, a evapotranspiración é a consideración conxunta dos procesos de evaporación e transpiración. A diferenza entre estes dous conceptos está na participación dos seres vivos no segundo, mediante o proceso físico a través do cal as súas superficies perden auga á atmosfera a través do proceso de transpiración. A súa inclusión nun concepto único coa transpiración débese á dificultade de medilos por separado. Xa que logo, a evapotranspiración prodúcese dende:

- A evaporación da auga transpirada polos seres vivos.
- A superficie do solo e da vexetación inmediatamente despois da precipitación.
- A superficie da hidrosfera: ríos, lagos, encoros, océanos.
- O solo, podéndose tratar de auga recentemente infiltrada ou de auga que se achega de novo á superficie despois dun longo percorrido a través do subsolo.



Figura 2. Evaporación da auga sobre a palla dunha palloza.

A evapotranspiración depende de:

- O poder evaporante da atmosfera: da radiación solar, da temperatura, da humidade e do vento.
- Da salinidade da auga.
- Do grao de humidade do solo.
- Do tipo de planta.

- Completa as frases relativas aos factores que inflúen na evapotranspiración poñendo entre paréntese “máis” ou “menos”, segundo corresponda:
  - Canta menos humidade, (-----) evapotranspiración.
  - A maior altitude, (-----) presión e, polo tanto, (-----) evapotranspiración.
  - A máis vento, (-----) evapotranspiración.
- Explica, empregando debuxos e esquemas, un deseño experimental para probar a relación que existe entre a evapotranspiración e a salinidade. Así que leves a cabo o experimento e anotes as conclusións, completa a frase seguindo o mesmo criterio ca no caso da actividade anterior.
  - A máis salinidade con igual presión, radiación e temperatura, prodúcese (-----) evapotranspiración.







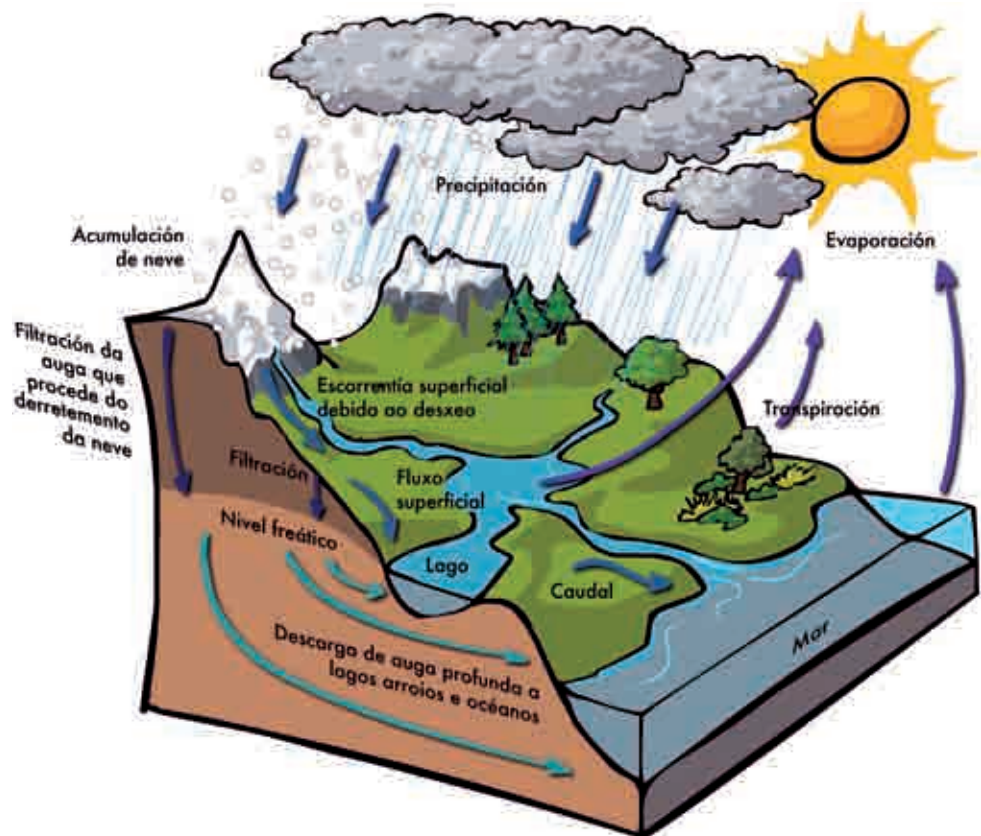
## Escorrentía superficial e subterránea

Parte da auga precipitada sobre o continente inflítrase no solo, dende onde pode volver evapotranspirar ou, pola contra, percolar no subsolo. A outra parte escorre superficialmente pola rede de drenaxe ata alcanzar a rede fluvial (escorrentía superficial).

Por tanto a escorrentía é debida a incapacidade dos horizontes superficiais do solo para transmitir cara o interior a auga da choiva coa mesma intensidade que cae (escorrentía superficial).

Pero tamén se pode deber á excesiva saturación da porosidade total nalgún punto do perfil do perfil do terreo (escorrentía subsuperficial e profunda).

En todo caso, toda a escorrentía profunda acaba aflorando á superficie, e supón o desenvolvemento de parte do ciclo hidrolóxico polo interior da cortiza terrestre.



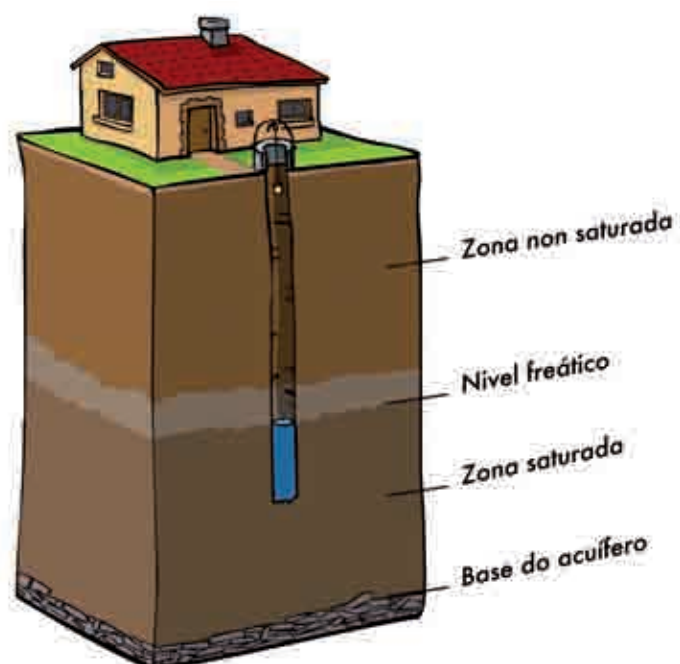
A auga infiltrada no subsolo —e que non evapotranspira— acumúlase nos poros, gretas e fisuras dos materiais do terreo onde queda almacenada. As formacións xeolóxicas con alta capacidade para almacenar e transmitir a auga denomínanse acuíferos (do grego 'o que trae auga').

Un acuífero é unha rocha porosa cos poros cheos de auga. Estas rochas porosas resultaban ser o obxecto de busca dos rabadomantes, os míticos buscadores de auga coa súa varíña. Eran persoas con moito coñecemento práctico do campo, que identificaban perfectamente bioindicadores relacionados con este tipo de rochas porosas como, por exemplo, dos tipos de plantas que crecen onde hai auga subterránea, así que moitas veces acertaban, inda que a varíña era puro teatro.



Por dous motivos hoxe xa non ten sentido falar de buscadores de auga: un, porque hai instrumentos científicos que detectan a auga subterránea con precisión e a baixo custo; e dous, porque, como consecuencia do anterior, case toda a auga subterránea do planeta está xa localizada.

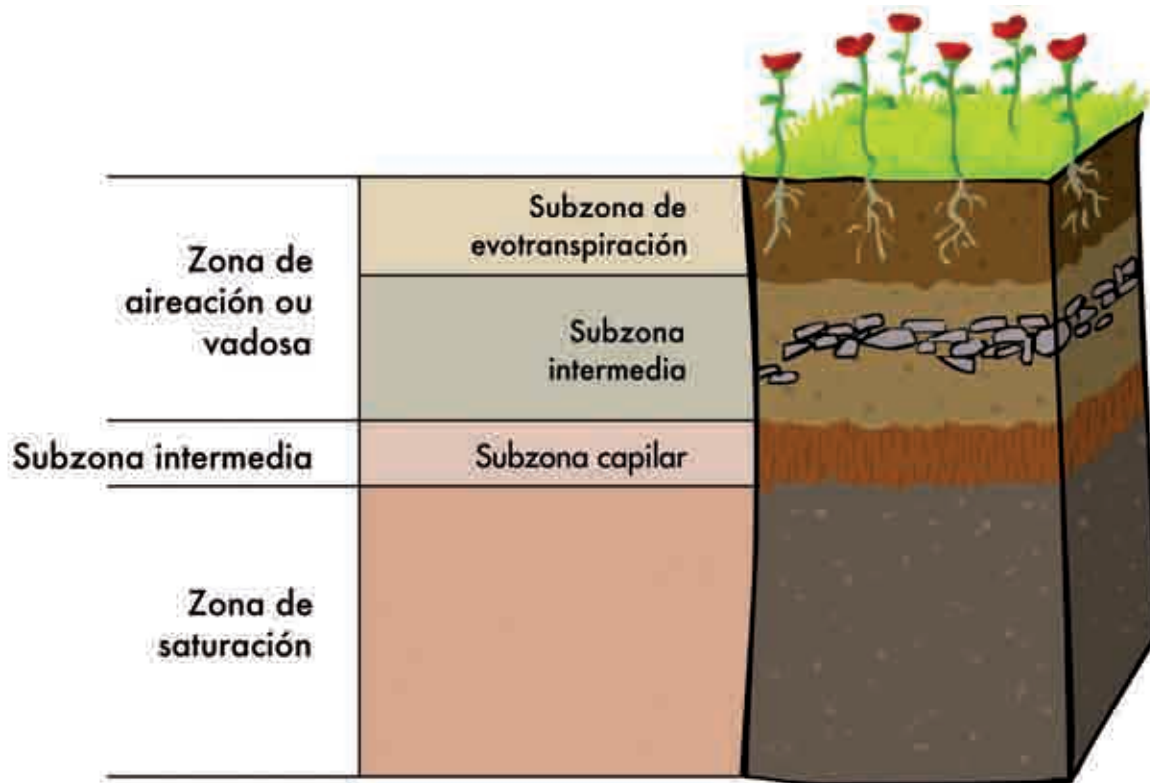
Un concepto importante relativo ás augas subterráneas é o de nivel freático (do grego *freatós*, 'pozo'), que é a superficie que separa o terreo seco (arriba) e o acuífero (abaixo). Cando explotamos un acuífero, o nivel freático baixa, pero a chuvia volve facer que suba (recarga).





Por tanto, a auga subterránea que alimenta e satura acuíferos, que a su vez alimentan mananciais e ríos cando non chove, resulta de restarlle ao que chove, a escorrentía e evaporación. A diferenza é entón a auga dispoñible en pozos e acuíferos que, como se verá, supón a alimentación de mananciais e ríos cando non chove. A zona de incorporación da auga dende a superficie do solo en contacto coa atmosfera ata a parte superior do acuífero e do pozo descríbese bastante ben apoiándose nas tres subzonas:

- Subzona de evapotranspiración. É a afectada por este fenómeno e, polo tanto, a súa extensión depende da existencia de vexetación. Pode ir dende uns centímetros, se non existe, ata varios metros.
- Subzona capilar. É a afectada polo ascenso da auga por capilaridade e vai depender da granulometría do solo e do clima.
- Subzona intermedia. Entre as dúas anteriores, e, xa que logo, ás veces inexistente e ás veces con varios metros de grosor.



Con todo, hai acuíferos que non se recargan. Chámanse acuíferos fósiles e fórmanse cando o clima dunha rexión torna máis árido, de maneira que xa non hai chuva que os recargue. En Libia e en California hai acuíferos deste tipo, e é moi perigoso depender deles porque, cando se esgotan, a rexión queda sen auga; se a poboación medra, o problema pode ser difícil de resolver, tal e como se verá no capítulo 7.

Como se irá vendo, a sobreexplotación e contaminación dos acuíferos supoñen importantes impactos e riscos, tanto para a cantidade como para a calidade da auga. Por iso urxe a xestión de forma sustentable da auga dos acuíferos, para o que é esencial equilibrar as extraccións de auga coa capacidade de recarga do acuífero.

Por exemplo, pensemos nunha zona de cultivo de regadío. Durante o inverno hai choiva abundante, que non é utilizada polas plantas, xa que non están crescendo e non transpiran. Como vimos, parte desta auga da choiva escorre pola superficie e parte infíltrase no solo, almacenándose no solo e no acuífero. Sabendo a cantidade que se almacena cada ano no acuífero, poderemos extraela mediante bombeo para a rega no verán, porque ao inverno seguinte vólvese recargar o acuífero ata o seu nivel orixinal ao almacenarse de novo a auga. Deste xeito hai sempre auga dispoñible no acuífero para cando fai falla (época de rega), sen que se esgote o acuífero ou se creen problemas de sobreexplotación da auga. Agora ben, se durante o verán extraemos demasiada cantidade de auga e a choiva non é capaz de repoñela no inverno, cada vez baixará máis o nivel freático, o acuífero esgotarase e estarémolo xestionando dunha forma non sustentable. Por iso é importante ter presentes estes conceptos ao abordar a eficiencia e aforro das augas azuis de rego agrícola, tal e como se verá no capítulo 8.

Outro impacto ambiental cada vez máis frecuente sobre os acuíferos é a súa contaminación, que non afecta á cantidade da auga pero si altera de forma significativa e frecuente a súa calidade.

Co tempo, estas formacións pasan parte da auga que almacenan á rede fluvial, directa ou indirectamente, a través da formación de mananciais que verten auga que se dirixe de forma moito máis rápida á rede fluvial. Este proceso extremadamente lento denomínase escorrentía subterránea. Esta escorrentía subterránea representa o fluxo base dos ríos nas zonas onde a fusión dos xeos non é significativa. A maior parte desta auga dos acuíferos flúe cara aos ríos por mananciais ou incorpórase directamente a tramos de ríos, ou mesmo flúe directamente cara ao mar.

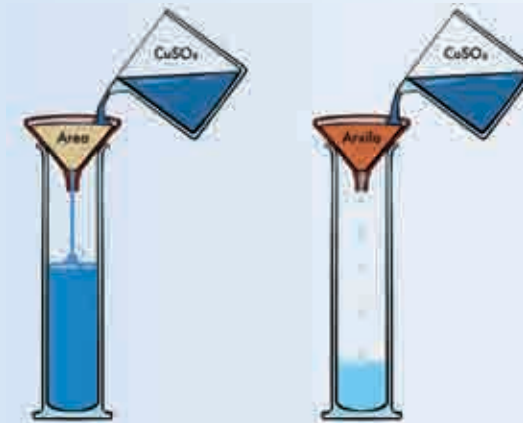


Figura 3. Manancial.





- Pon dous embudes iguais con papel de filtro en dúas probetas de tamaño e volume idénticos. Enche un con area da praia e outro con arxila. Verte en cada un dos embudes 200 ml da mesma solución de sulfato de cobre e responde:



- Que diferenza hai entre o volume recollido nos dous casos? Como se relaciona coa cor do líquido filtrado que se recolle na probeta?
- Cal das dúas mostras ten máis potencial para participar nun acuífero? Xustifica a resposta.

- A importancia dos acuíferos en Galicia, será maior ou menor hoxe que hai 100 anos? Que factores poden estar a influír nesa diferenza?
- As tendencias actuais no uso da auga e no cambio do clima, que consecuencias futuras poden ter sobre os acuíferos?

## As precipitacións

A evapotranspiración procedente da evaporación da auga do mar e das terras húmidas e da transpiración dos vexetais é a responsable de que o aire conteña sempre unha cantidade maior ou menor de vapor de auga, polo que se fala da humidade do aire.

Cando nos referimos á cantidade en gramos de vapor de auga contida nun metro cúbico de aire, estamos a expresar a súa humidade absoluta. O simple feito de que o aire conteña vapor de auga non é a causa de que se produzan precipitacións. Para que estas ocorran, o aire debe acadar antes a cantidade máxima de vapor de auga que pode conter á temperatura en que se atopa. Neste caso dise que o aire está saturado de humidade. Esta cantidade máxima de vapor de auga que pode conter o aire por unidade de volume coñécese como punto de saturación, e varía de xeito considerable coa temperatura, como se pode ver na táboa:

Temperatura	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
g de H <sub>2</sub> O por m <sup>3</sup> en atmosfera saturada	2,4	4,9	9,3	17,2	30,1

Táboa 1. Relación entre o punto de saturación e a temperatura.

Ao ver a táboa compréndese facilmente que 9 g de vapor de auga por m<sup>3</sup>, cando a temperatura é de 10°C, representa unha humidade moito máis próxima á precipitación do que 18 g no mesmo volume cando a temperatura é de 30°C. No primeiro caso, a atmosfera está case saturada de humidade e a evaporación é, xa que logo, nula, estando moi cerca da condensación. No segundo caso aínda caben 12 g de auga por metro cúbico e a evapotranspiración é moito máis intensa.

Esta relación entre o vapor de auga no aire e a súa temperatura é determinante para que se produza evaporación ou precipitación. Polo tanto, no ciclo da auga resulta fundamental o concepto de humidade relativa do aire, que se entende como a razón (r) da humidade absoluta (h) pola humidade de saturación (H):

$$R=h/H$$

- Fíxate nos valores da táboa 1 e calcula a humidade relativa expresada en tanto por cento se a unha temperatura de 30°C hai unha humidade absoluta de 8.
- Completa a frase poñendo “aumenta” ou “diminúe”: A humidade relativa (-----) coa proximidade de ríos, lagos, mares, etc., e (-----) ao avanzar cara ao interior do continente.

### *Formación de néboas, nubes e meteoros*



Figura 4. Un día de choiva en Verín

As precipitacións van asociadas á formación de néboas e nubes. Estas formacións son o resultado da condensación do vapor de auga na atmosfera en forma de pequenas pingas. Para que isto se produza, débense dar dúas condicións:





- Que a temperatura do aire descenda por baixo do punto do orballo ou punto de saturación, é dicir, que a humidade relativa supere o 100 %.
- Que o aire conteña núcleos de condensación sobre os que se poidan formar as primeiras pingas. Estes núcleos de condensación poden ser de diversa natureza, dende ións ata partículas sólidas lixeiras como po ou fume.

Cando se dan estas dúas condicións preto da superficie terrestre prodúcese a néboa, que, en realidade, son nubes baixas.



Figura 5. Néboas dun amanecer dun día de anticiclón en Viana do Bolo .

Cando a condensación do vapor de auga ten lugar en rexións altas da atmosfera, como consecuencia de correntes ascendentes de aire quente e húmido ou como consecuencia do choque de masas de aire de temperaturas polares (frontes), fórmanse as nubes.



Figura 6. Nubes correspondentes ao paso dunha fronte fría.

Se a condensación no seo da nube é intensa dabondo, as pingas que a integran reúnense formando pingas máis grandes, capaces de chegaren á terra en forma de chuva, sarabia ou neve.



Figura 7. Un tramo do Camiño de Santiago nun día con precipitacións.

Para a formación de orballo e xeadas non é necesaria a presenza de núcleos de condensación na atmosfera, xa que esta se produce sobre superficies como rochas, vidros, vexetación, etc., o que dá lugar a que o seu vapor se condense. Se a temperatura da superficie é superior a  $0^{\circ}\text{C}$  fórmase orballo, e se é inferior fórmase xeadas.



Figura 8. Xeadas sobre unha folla.

- Por que nos días despexados se ve a formación dun rastro de nubes no traxecto que percorren algúns avións?



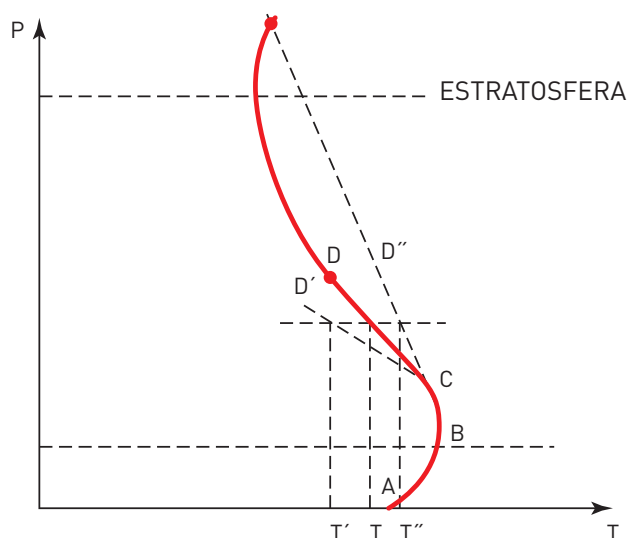




## Precipitación en forma de tormenta

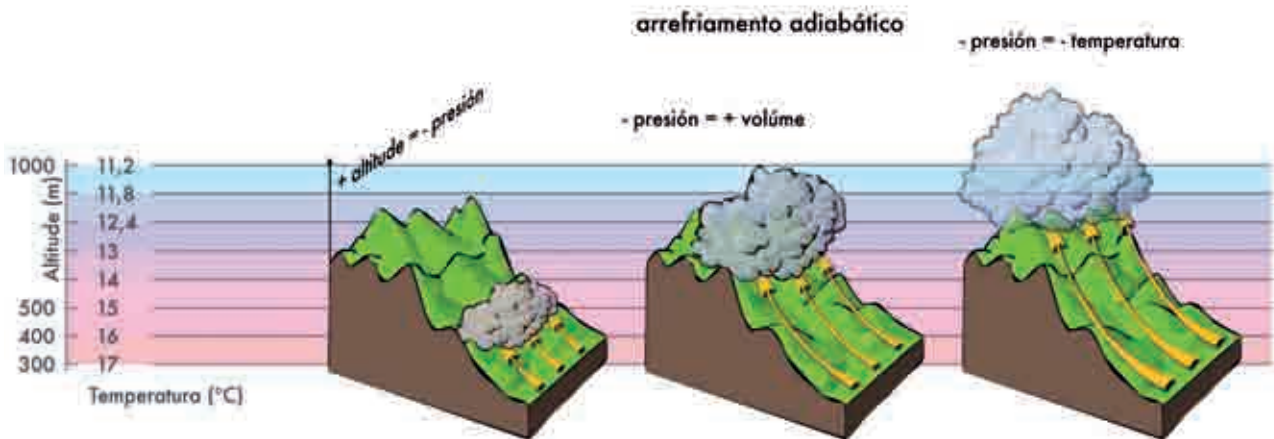
As tormentas están asociadas a nubes grandes, que aumentan de tamaño no seu avance vertical cando ascenden debido a cambios na estabilidade de masas de aire. Estes fortes ascensos verticais débense a notables diferenzas na temperatura a medida que o aire ascende na troposfera. Coa media de múltiples sondaxes matutinas na troposfera en diferentes coordenadas conséguese unha representación de como varía esta temperatura na media dos ascensos troposféricos.

Estas curvas coñécense como curvas de estado. A media das sondaxes pon de manifesto que a temperatura do aire tende a diminuír coa altura a razón de  $0,6^{\circ}\text{C}$  por hectómetro. Este valor coñécese como gradiente vertical normal de temperatura. Este descenso prodúcese ata a tropopausa, pois ao pasar á estratosfera a temperatura aumenta, dando lugar ao que se coñece como inversión. As liñas que representan esta evolución media da temperatura a medida que se ascende verticalmente na troposfera coñécense como curvas de estado.



Na figura da curva de estado apréciase outra inversión diferente á da tropopausa. Esta primeira inversión (AB) prodúcese moi preto da superficie porque se debe á radiación nocturna que provoca a perda de calorías da superficie, que se recuperarán coa radiación solar. Non hai que confundir estas curvas coas de evolución, que corresponden a temperaturas sucesivas dunha mesma masa de aire cando ascende.

Se pola presenza dunha barreira, como pode ser unha montaña, se produce un pulo vertical cara arriba, a masa de aire ascende e, nese proceso de ascenso, ao estar sometida cada vez a menos presión, prodúcese un aumento do seu volume. Isto vai provocar que a temperatura da masa de aire arrefría no seu ascenso a través da troposfera (arrefriamento adiabático), xa que, ao se expandir, a probabilidade de que se produzan choques entre as súas partículas diminúe. Se o aire é seco, o arrefriamento é da orde de  $1^{\circ}\text{C}$  cada 100 m (gradiente adiabático seco), e se o aire é húmido, como a capacidade calorífica da auga é maior que a do aire, o arrefriamento é máis lento, debido a que a calor de vaporización da auga se emprega para retardar o arrefriamento do aire da masa húmida ascendente. Este arrefriamento será da orde de  $0,6^{\circ}\text{C}$  cada 100 m (gradiente adiabático húmido).



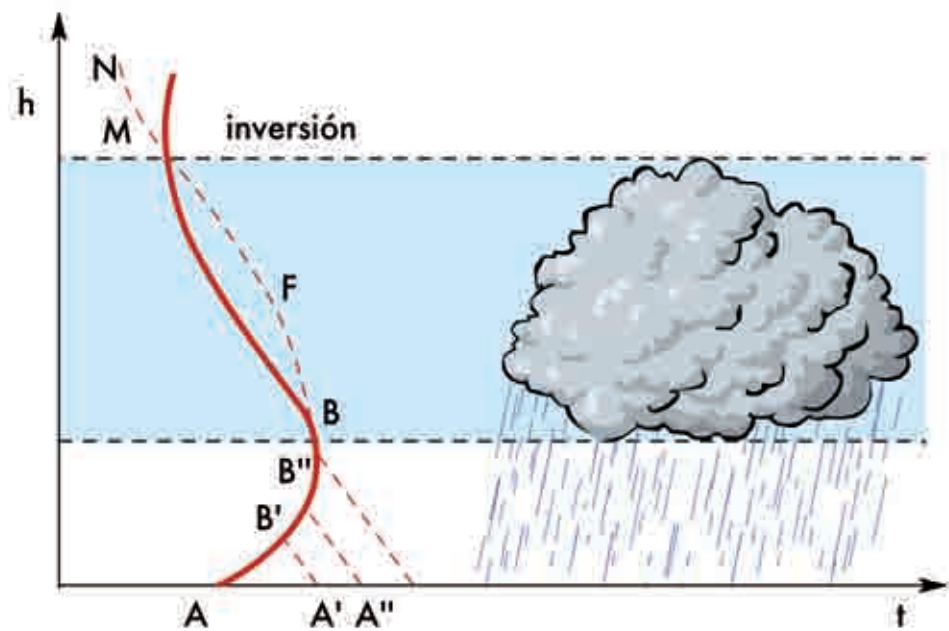
Se, no ascenso, a velocidade de arrefriamento adiabático (pendente  $CD'$ ) é maior que a correspondente á curva de estado (pendente  $CD$ ), esa masa ha verse rodeada por outra máis quente e, daquela, ha frear o ascenso (estratificación estable). Se, pola contra, ao ascender arrefría máis lentamente que o indicado pola curva de estado (pendente  $CD''$ ), esta masa de aire vai ser menos densa que o aire que a rodea e ascenderá (estratificación inestable) ata que se atope cunha inversión, como a que se produce na transición da troposfera á estratosfera (tropopausa).

As tormentas das tardes de verán explícanse facilmente co modelo de estratificación inestable. Pola mañá, o aire próximo ao solo está máis frío que o de máis altura debido ao arrefriamento nocturno, que é máximo en días anticiclónicos. Iso xera a inversión  $AB$  expresada na figura. Esta inversión vai desaparecendo a medida que o solo se quenta ( $A'B'$ ,  $A''B''$ ), e anúlase ao redor do mediodía. Por iso as masas de aire que estaban estabilizadas pola inversión perden a súa estabilidade. Así iníciase o ascenso da masa de aire.



Figura 9. Un día de tormentas de verán.



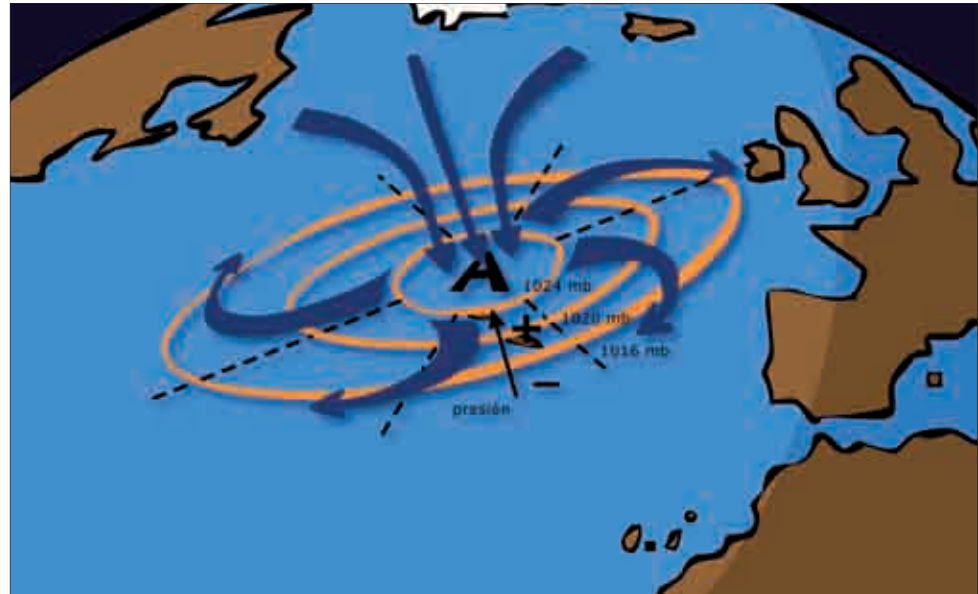


Se, no seu ascenso, chega a un lugar onde alcance o seu punto de orballo, empézanse a formar pingas sobre os núcleos higroscópicos. Se a temperatura é inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , fórmanse cristais de xeo sobre os que o vapor de auga se condensa máis facilmente, podendo chegar a formarse grandes cristais; estes cristais, ao seren pesados, caen bastante rápido, polo que poden chegar en forma de sarabia ou, se non, en forma de chuvia.

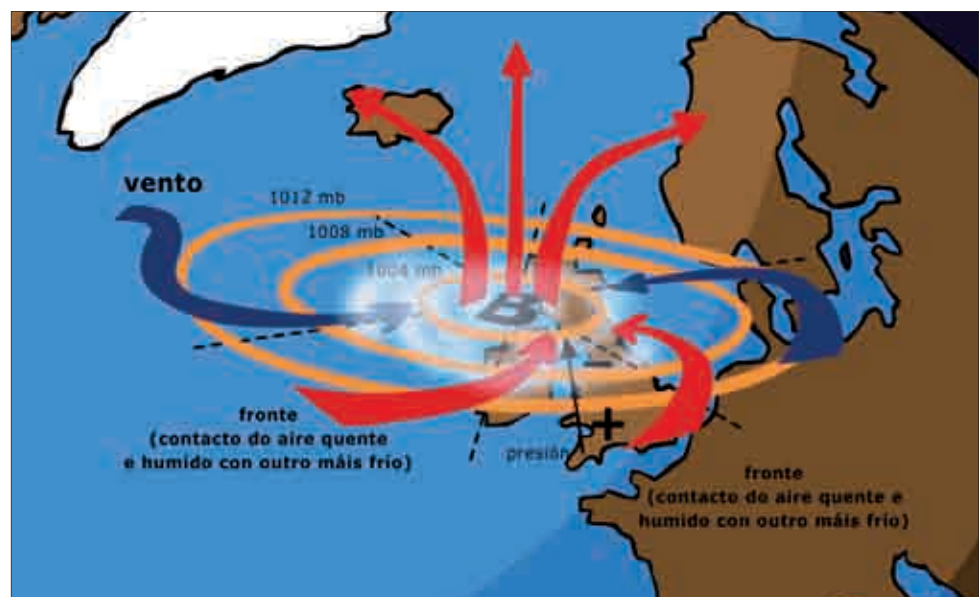
- Unha masa de aire procedente do mar chegou á costa circulando sobre a superficie do océano. No seu movemento cara á costa topou cunha cordilleira de 1.000 metros de altura. No momento do encontro levaba unha humidade relativa do 80 %; a temperatura do aire a esa altura era de  $18^{\circ}\text{C}$  e a temperatura do punto de orballo estaba situada no valor de  $14,5^{\circ}\text{C}$ . Como sabemos, cada 100 metros que ascende o aire sen precipitacións, a súa temperatura diminúe  $1^{\circ}\text{C}$  (gradiente adiabático seco) e, a partir da altura onde se alcanza o punto de orballo, esta diminúe  $0,6^{\circ}\text{C}$  cada 100 metros. Con estes datos calcula:
  - A que temperatura comezará a precipitar en forma de chuvia esa masa de aire, se a temperatura de punto de orballo diminúe  $0,2^{\circ}\text{C}$  cada 100 metros?
  - Cal será a temperatura e a humidade relativa a esa altura?
  - Que tipo de precipitación se producirá no cumio da montaña? Xustifica a resposta.
  - A que altura comezará a nevar?
  - A humidade relativa pódese calcular como a proporción entre a temperatura do aire e a temperatura do punto de orballo a esa altura. Tendo en conta esta proporción e os datos anteriores, calcula a temperatura do punto de orballo e a humidade relativa na base da cara oposta da montaña.
  - Por que este tipo de montañas, que son barreiras para as masas de aire que circulan sobre a superficie dos océanos, teñen especies máis adaptadas á seca na cara oposta ao océano (sotavento) que na cara que mira cara ao océano (barlovento)?

### Precipitacións debidas a fronte

As zonas de anticiclóns expulsan o aire dando lugar a ventos diverxentes que evitan o contacto entre masas de aire heteroxéneas, que, no hemisferio norte e debido á aceleración de Coriolis, viran cara á dereita.



Este vento, debido á diferenza de presión, diríxese cara ás zonas de baixas presións. Pero o seu movemento non segue exactamente a dirección marcada polo gradiente de presión, que sería perpendicular ás isóbaras —liñas que unen os puntos con igual presión—, senón que o fai cun ángulo de desvío cara á dereita no hemisferio norte, e cara á esquerda no hemisferio sur, debido á aceleración de Coriolis.

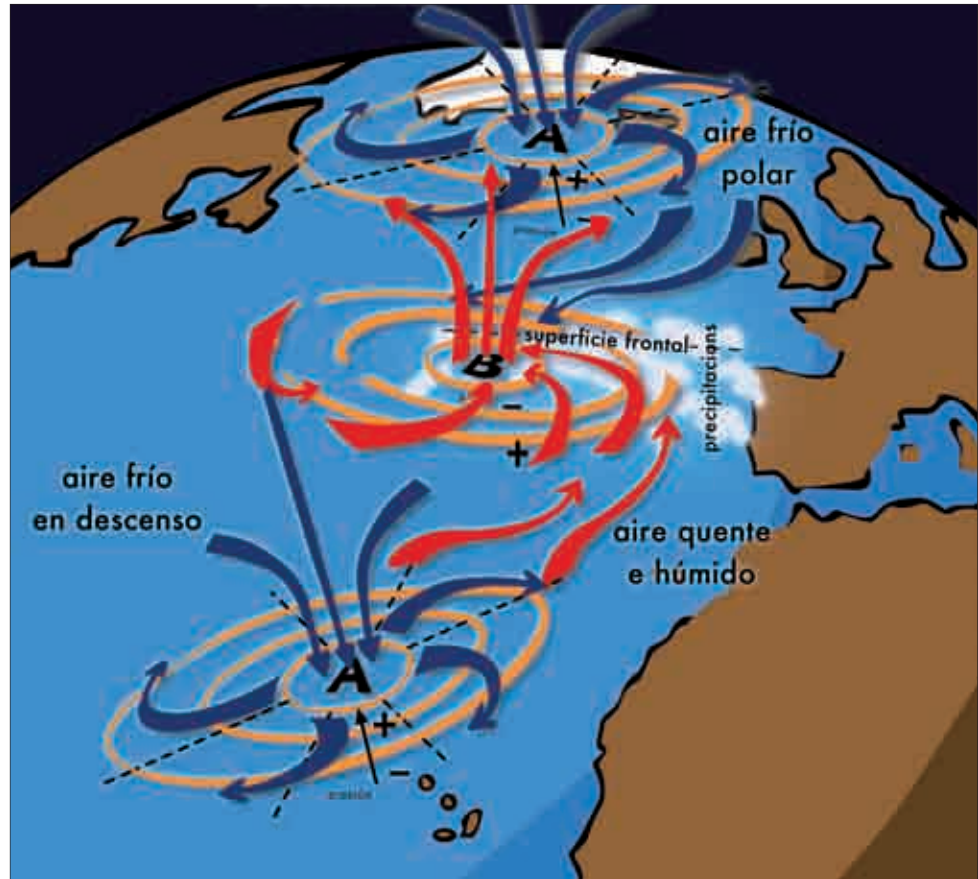


A confluencia de masas de aire que converxen na rexión de baixas presións leva a que o aire destas masas entre en contacto. Como as masas de aire que contactan proceden de distintas





rexións, poden ter propiedades de temperatura e humidade moi diferentes. Este é o caso do contacto do aire que procede do Ártico co que procede dos océanos tropicais. Se ese contacto se produce sobre Galicia, non cabe dúbida de que ao primeiro o denominaremos aire frío, porque está a menos temperatura que a superficie sobre a que avanza, e ao segundo aire quente, pola razón oposta.



A intersección entre a superficie de contacto de aire quente e aire frío (superficie frontal) coa superficie terrestre coñécese como fronte. Como a través da superficie frontal ten lugar un cambio brusco das propiedades do aire, normalmente o paso dunha fronte vén acusado por fenómenos meteorolóxicos diversos, entre os que se atopan, con moita frecuencia, as precipitacións. Dependendo da maior ou menor diferenza do cambio, pódense distinguir dous grandes tipos de frentes.

Se o cambio entre a humidade e a temperatura das dúas masas de aire que contactan a través da superficie frontal é moi brusco, a fronte denomínase fría. Caracterízase por movementos ascendentes rápidos de aire húmido e quente empurrado por unha corrente fría e seca (aire máis denso), motivo polo cal se producen nubes de gran desenvolvemento, acompañadas de chuvascos fortes e fríos.



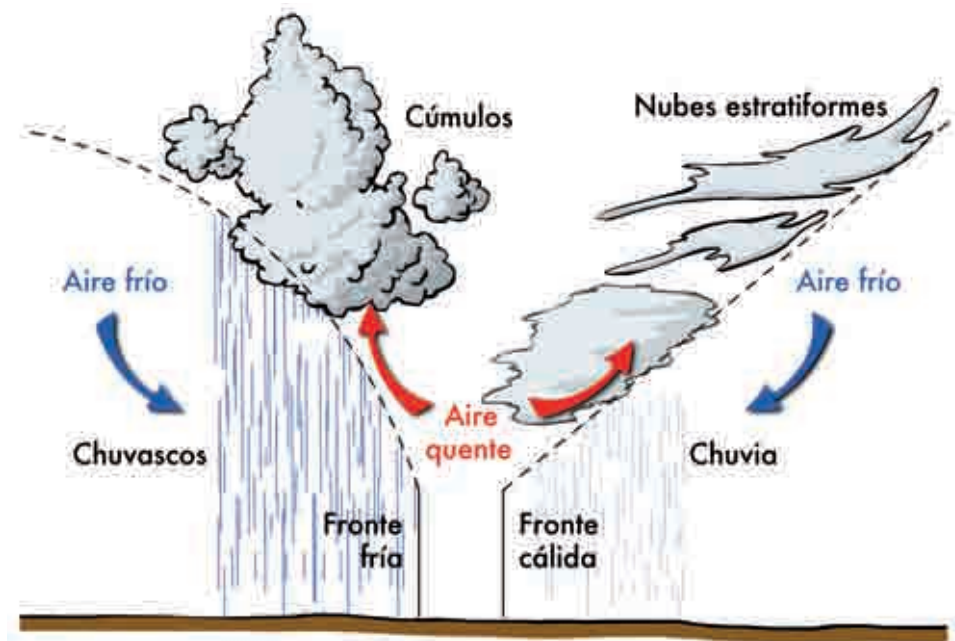
Figura 10. Nubes propias do paso dunha fronte fría.

O outro tipo denomínase fronte cálida e caracterízase, pola contra, porque o aire quente da fronte cálida ascende lentamente sobre a masa do aire relativamente frío, dando lugar a varias capas de nubes estratiformes e, a niveis máis baixos, a néboas e chuviscas finas.

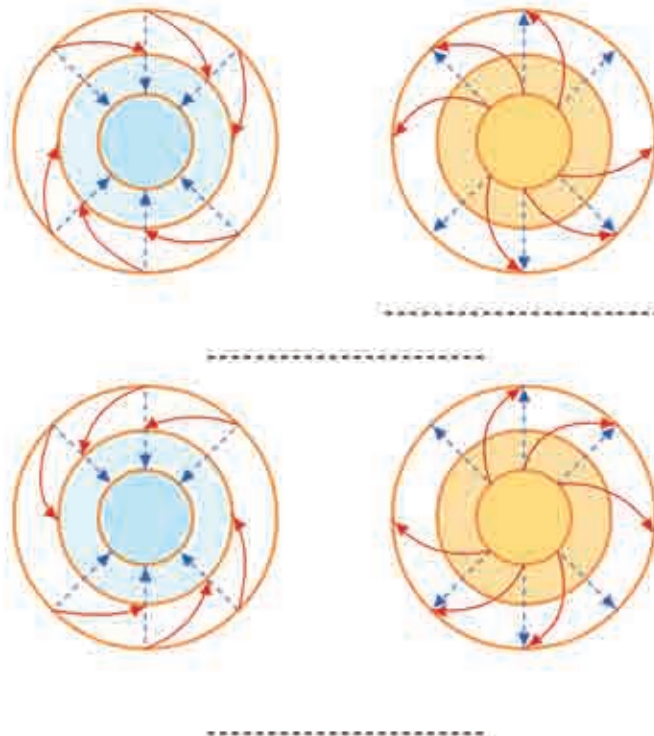


Figura 11. Nubes propias do paso dunha fronte quente.





- Fíxate nas figuras e pon no centro de cada grupo de círculos concéntricos A ou B, segundo se corresponda cunha situación anticiclónica ou cunha de borrasca. Completa tamén os espazos poñendo “hemisferio norte” e “hemisferio sur”.



A formación de borrascas nas zonas temperadas ten que ver coa xénese de fronte nas rexións, debido a que unha masa de aire frío de orixe ártica, no seu avance cara ao sur, encontra cortado o seu camiño por unha corrente de aire cálido. A superficie de separación coñécese como fronte polar, e ten carácter estacionario/estacional.

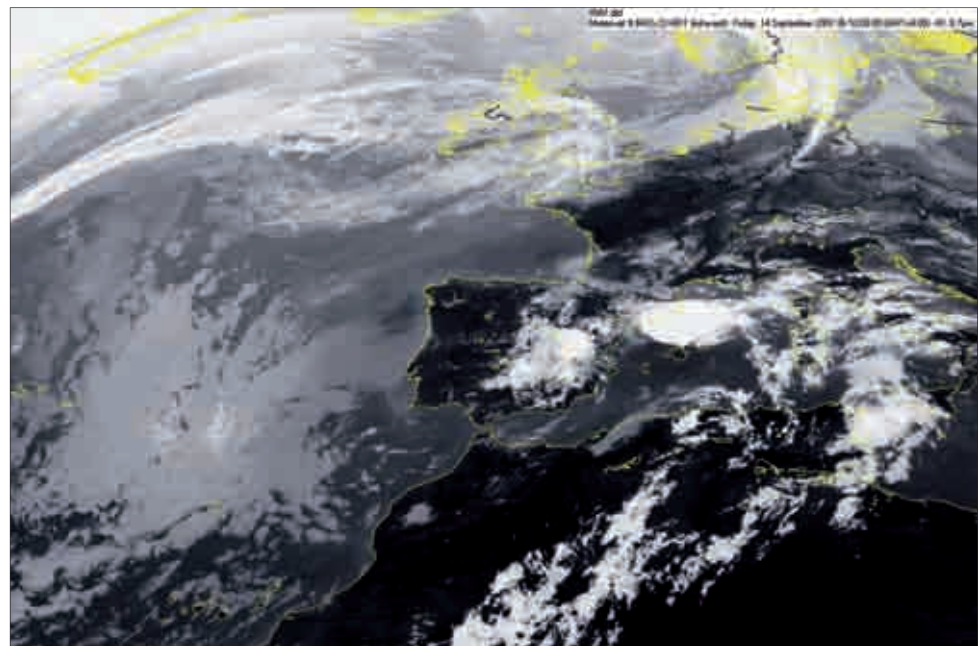
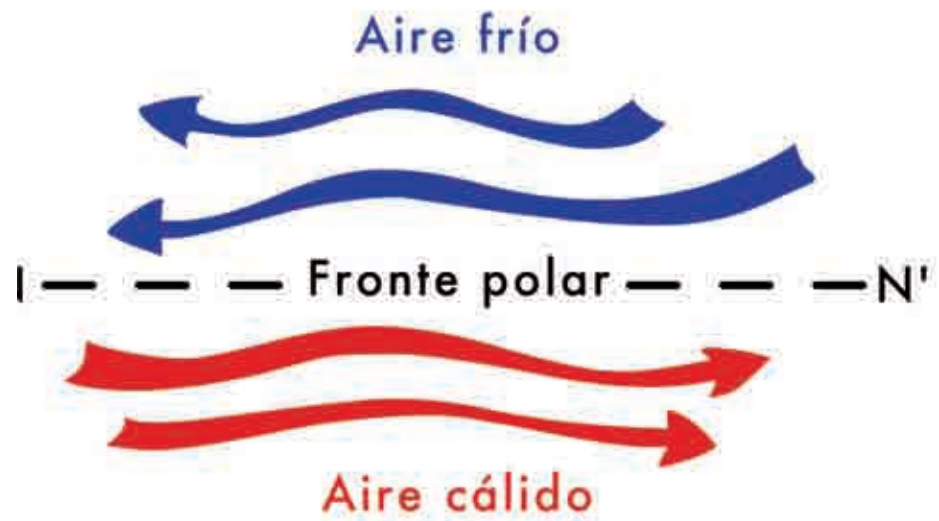
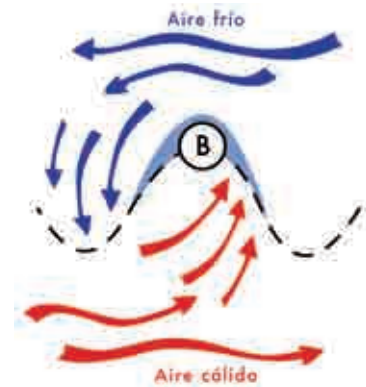
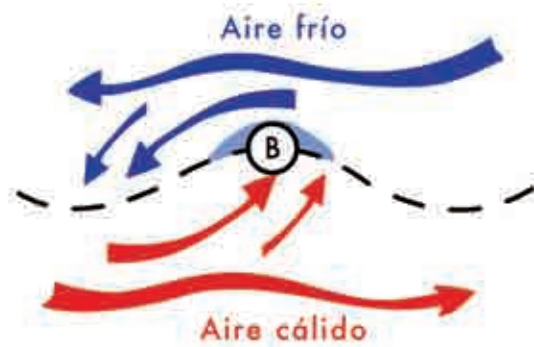


Figura 12. Imaxe satélite da formación dunha fronte

Debido á dirección oposta dos dous ventos en ambas as masas, nesta superficie de separación prodúcese unha ondulación, de maneira semellante a como se forman as ondas na superficie de contacto entre as correntes mariñas e o vento de dirección contraria. Igual que ocorre na formación das ondas do mar, estas ondulacións vanse acentuando co tempo.







Este proceso de acentuación da ondulación prolóngase ata que arredor de B se chega a formar unha verdadeira circulación ciclónica, que avanzará cunha velocidade que depende da do vento frío.

● Realiza este experimento seguindo os pasos que se indican deseguido para responder ás 3 preguntas que se enumeran despois do terceiro paso:

- Colle dúas botellas de plástico idénticas. Enche unha das botellas ata a metade e engádelle colorante.
- Conecta as dúas botellas de xeito que as súas aperturas se superpoñan, como se mostra na figura e na fotografía, e fíxaas usando abundante fita adhesiva.
- Dálle a volta e responde:
  - Anota o sentido do xiro que observas.
  - Que relación pode ter ese xiro coa rotación da Terra?
  - Que relación atopas entre o experimento e a formación das borrascas e dos anticiclóns en Europa?
  - Que cambios se producirían no experimento se este se realizase no Colexio Santiago Apóstolo de Bos Aires? Xustifica a resposta.



A modo de resumo podemos dicir que nun territorio as precipitacións poden estar causadas por fenómenos atmosféricos locais, ou ben por fenómenos relacionados coa dinámica da circulación atmosférica a grande escala.

Así, nas zonas temperadas do planeta, as precipitacións están causadas principalmente polas fronteiras que, procedentes dos océanos, entran nos continentes e producen as choivas.

Nas zonas ecuatoriais (como nas pluvisilvas), a importancia dos fenómenos de circulación atmosférica a grande escala é máis secundaria e as precipitacións dependen máis das condicións locais, como a capacidade de evapotranspiración das plantas da selva, que funcionan como unha verdadeira bomba de auga dende o solo cara á atmosfera, e que teñen unha grande importancia na aparición de nubes locais cun importante desenvolvemento vertical que é a causa das precipitacións que se producen practicamente a diario.



Figura 13. Choivas durante unha tormenta tropical no aeroporto de A Habana

Outras veces é frecuente unha combinación de ambos os factores. Por exemplo, na meseta ibérica as choivas no inverno aparecen asociadas ao paso de fronteiras procedentes do océano Atlántico, namentres que as tormentas de verán se asocian moitas veces a fenómenos de forte evaporación causados pola calor, ou ás choivas orográficas ocasionadas pola condensación da auga no aire ao topar o vento cunha montaña, ascender o aire pola súa ladeira, arrefriando, condensando a auga e creando unha nube local que dá lugar a unha precipitación de tipo tormentoso.

Naquelas zonas onde as fronteiras procedentes dos océanos non poden penetrar, ou onde non se dan as condicións locais para a aparición de nubes e precipitacións, aparecen os desertos.



Figura 14. Unha paisaxe desértica

- Cal é a razón de que nas selvas se produzan intensas precipitacións a diario?
- Por que as tormentas de verán son máis frecuentes na meseta ca en Galicia e por que razón en Galicia chove máis ca na meseta?





## Balance hídrico dun territorio

O ciclo hidrolóxico, como xa vimos, é un modelo global. Os seus elementos son extrapolables a nivel local a través do concepto de balance hídrico dun territorio, que consiste na cuantificación, nun período calquera, en valores de medio a longo prazo, das entradas e saídas a ese territorio mostradas no esquema. Xa que logo, o balance hídrico pódese definir como a relación existente entre a oferta e a demanda meteorolóxicas de auga.

Aínda que o territorio non se ten que circunscribir a cuncas hidrográficas, estas representan un caso particular de territorio moi interesante para o cálculo de balances hídricos. Isto é así porque se trata dun territorio que non recibe, en réxime natural, transferencias superficiais doutros territorios, e as que recibe subteraneamente adoitan ser pouco importantes. Esta independencia hídrica con respecto aos territorios veciños é o que fai que as cuncas hidrográficas sexan moi axeitadas, como unidades territoriais, para a xestión dos recursos



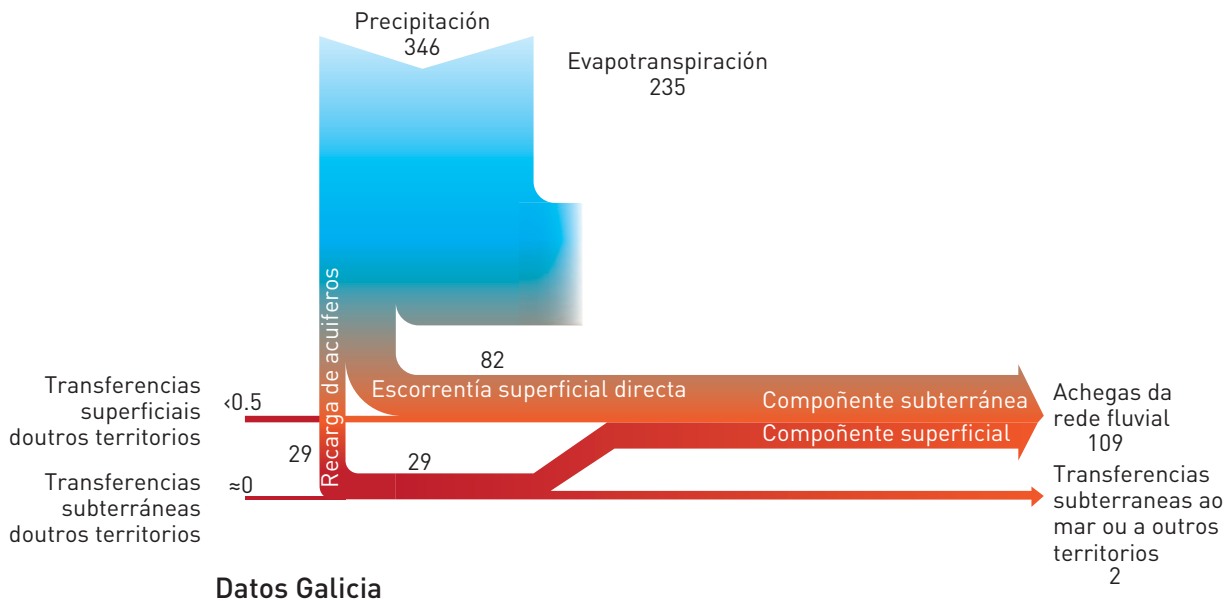
Figura 15. Vista dunha parte da conca dun río

Pódese dicir que, en realidade, o balance hídrico é un concepto anterior ao ciclo hidrolóxico, pois o modelo de ciclo hidrolóxico no que intervén a atmosfera xorde no século XVIII como consecuencia de estudos iniciados xa a finais do século XVII pola Academia Real das Ciencias de París sobre a conca hidrográfica do Sena.

Estes estudos virían poñer de manifesto que a precipitación da conca fluvial do Sena era igual ao caudal do río máis a evapotranspiración. Coa hipótese de partida de que o que ocorría a nivel desta conca se correspondía cun modelo global de circulación da auga, fixéronse outros estudos semellantes sobre outras cuncas, obtendo resultados parecidos. Por iso, relacionando as precipitacións coa condensación da auga que anteriormente se evaporou sobre a superficie do océano e do continente, e asumindo que a auga volve por evaporación á atmosfera e flúe en estado líquido por gravidade aos océanos, construíuse o actual modelo de ciclo hidrolóxico.



Actualmente este concepto úsase noutros territorios máis amplos que a cunca hidrográfica. Por iso os estados adoitan facer estudos dos balances hídricos do seu territorio. Os datos do balance hídrico poñen de manifesto a contribución total duns 109 km<sup>3</sup>/ano á rede fluvial española (da orde dun terzo dos 346 km<sup>3</sup>/ano), dos que tres cuartas partes son escorrentía superficial directa e unha cuarta parte é escorrentía subterránea.

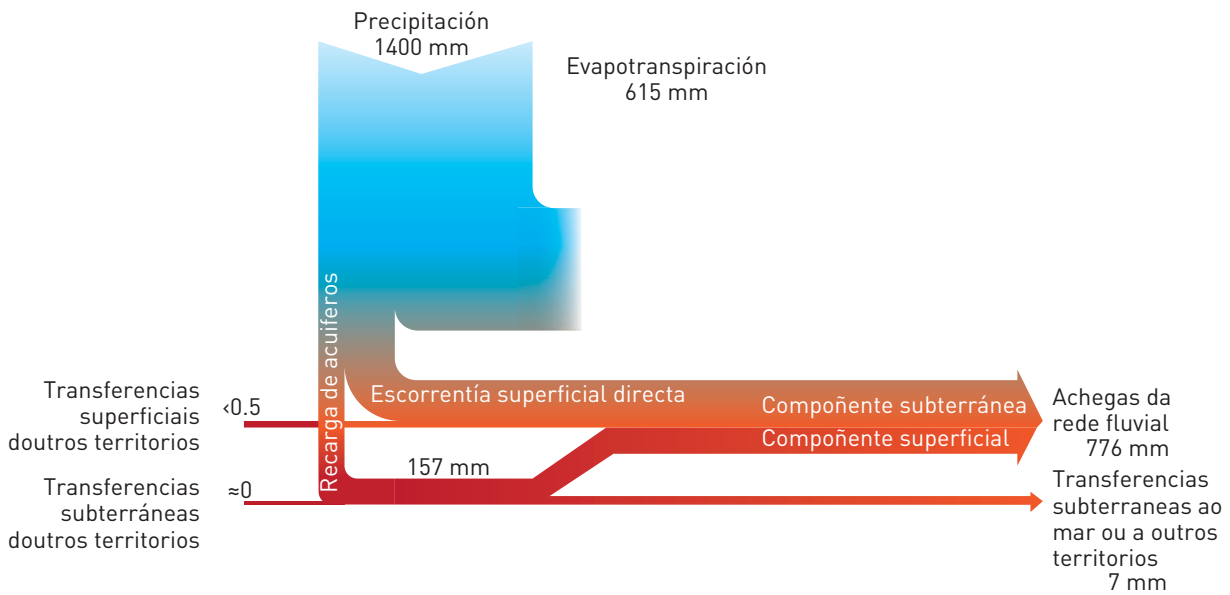


As transferencias externas, neste caso, xogan a favor do valor do cálculo dado o seu carácter peninsular, separado do resto por cordilleiras, e insular, e, polo tanto, o seu grande illamento xeográfico en relación con outros países da contorna.





## Datos Galicia



- Calcula o valor da escorrentía superficial directa e o da subterránea de España, expresando o valor en  $\text{km}^3/\text{ano}$ .
- Por que razón nos ciclos hidrolóxicos non se cuantifican datos e si se fai nos balances hídricos, se nos dous casos participan a evapotranspiración, a precipitación e a escorrentía?

## Podemos chegar a alterar os balances hídricos?

A auga ocupa un lugar destacado na nosa vocación por modificar o noso contorno, debido, sobre todo, a que é un elemento imprescindible para a vida e o desenvolvemento das civilizacións.

De feito, o ser humano logrou modificar o réxime dos fluxos naturais da auga e o seu almacenamento, o que afectou á práctica totalidade dos balances hídricos e, por conseguinte, ao ciclo hidrolóxico.

Os motivos destas modificacións son diversos, e van dende o asentamento das cidades á agricultura de regadío, á produción de enerxía, etc. As intervencións derivadas destes e doutros aspectos provocaron diversas modificacións na circulación da auga.



Figura 16. Acueducto

- Sinala intervencións na circulación da auga introducidas na Idade Media, no Imperio romano e no século XX. Explica os obxectivos das intervencións, dos seus aproveitamentos e dos seus impactos ambientais.

Cando pensamos nestas intervencións, adoita virnos á mente a construción dos encoros. Os encoros supoñen unha modificación evidente do réxime hidrolóxico do río co obxectivo de adaptalo ás nosas demandas.

As presas ou encoros son muros construídos que cortan o caudal do río. Un encoro pode servir para:

- Evitar as enchentes, que, como vimos, poden ser fenómenos moi perigosos.
- En períodos de seca, empregar a auga almacenada para a rega.
- Nalgúns casos, producir enerxía hidroeléctrica, que é limpa e renovable.

Algúns encoros serven para as tres cousas. O problema é que estas vantaxes son contrarrestadas por varios inconvenientes. Os encoros transforman os cursos de auga naturais en estanques e, ademais, alagan grandes zonas, destruíndo a vexetación das ribeiras, boa parte da fauna que vive nos ríos e, en moitos casos, obrigando a desalojar vilas ou cidades. Son, ademais, lugares perigosos, que deron lugar a catástrofes cando rompeu o muro, alagando as poboacións situadas augas abaixo. Son tamén obras efémeras, porque serven como trampas para os sedimentos que transporta o río, que quedan atrapados no seu fondo ata inutilizaren o encoro, polo xeral en menos dun século. Por último (como se explica no parágrafo seguinte), contribúen ao afundimento dos deltas. Por todo iso hai agora unha tendencia a destruír boa parte dos encoros construídos nos séculos XIX e XX: en Estados Unidos destrúense entre 20 e 50 encoros cada ano. En España aínda non chegamos a esta fase e hai uns 120 encoros novos en proxecto.





Figura 17. Encoro de Belesar

Os **deltas** son ambientes naturais moi interesantes; por exemplo, os deltas de Bangladesh son un hábitat natural do tigre de Bengala. Tamén o son para o home, porque os sedimentos que proporciona o río son ideais para o cultivo (de arroz, por exemplo). Mais son sistemas inestables, porque as correntes mariñas os socavan e por iso tenden a se afundir no mar. Os sedimentos arrastrados polo río equilibran este proceso, pero se os encoros cortan este fluxo de sedimentos o afundimento será moi rápido. Iso é o que está a pasar na gran maioría dos deltas do mundo. O do Nilo é o mellor exemplo: un terzo da súa superficie está a só 1 metro sobre o nivel do mar e a velocidade de afundimento é de 1 cm/ano. O problema é grave, porque o delta alimenta a maior parte de Exipto.

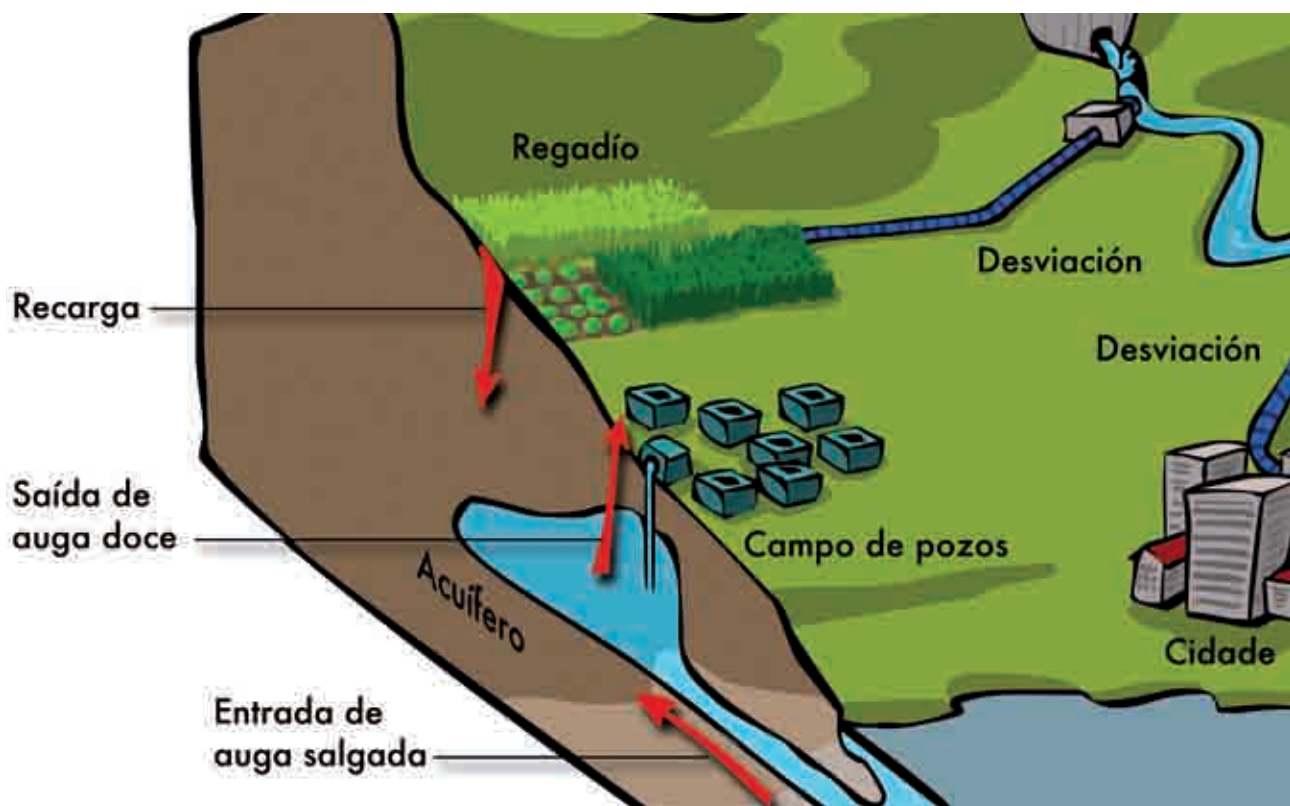


Figura18. Delta

Para rematar, o dato menos coñecido sobre o ciclo da auga: cada vez hai menos ríos que cheguen ao mar. Xa non o fai, por exemplo, o río Amarelo (o segundo máis longo de China), porque todo o seu caudal se emprega para beber, para a agricultura ou para as fábricas. O Indo (compartido por India e Paquistán) só alcanza o mar na tempada de choivas. En España, moitos ríos coma o Miño, o Sil, o Mijares ou o Turia apenas teñen caudal, o que significa que non poden sosteñer vida. O *homo sapiens* xa está a utilizar a maior parte da auga doce dispoñible e prevese que o problema da auga torne máis grave a medida que siga aumentando a poboación.

- Por que a construción dun encoro aumenta a evaporación no balance hídrico dunha conca hidrográfica?
- Xustifica a aparición de néboas matutinas diarias nunha zona na ribeira dun encoro.
- Indica as utilidades dos encoros e os impactos ambientais derivados da súa construción.

Outra intervención que tamén pode modificar o réxime hidrolóxico e o balance hídrico dunha conca hidrográfica é a construción de pozos. Este tipo de intervención supón o bombeo de auga do acuífero, o que pode chegar a afectar ao caudal do río, que, pola súa banda, pode acabar provocando a penetración de intrusións salinas nos pozos próximos á costa, evidenciando máis a presenza de los pozos de los que se ha extraído auga para regar, facilitando la invasión del acuífero por auga marina)

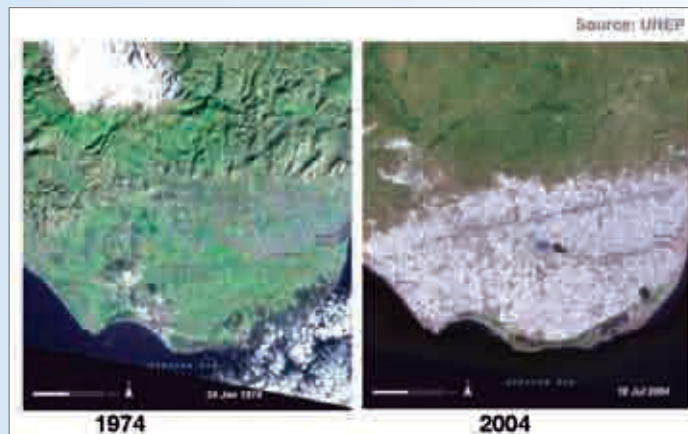






- Le este fragmento extraído do artigo “Agricultura intensiva y explotación de los recursos naturales en el Campo de Dalías”, de Miguel Ángel García Dory, publicado na revista *Quercus* e responde ás cuestións que sobre el se formulan:

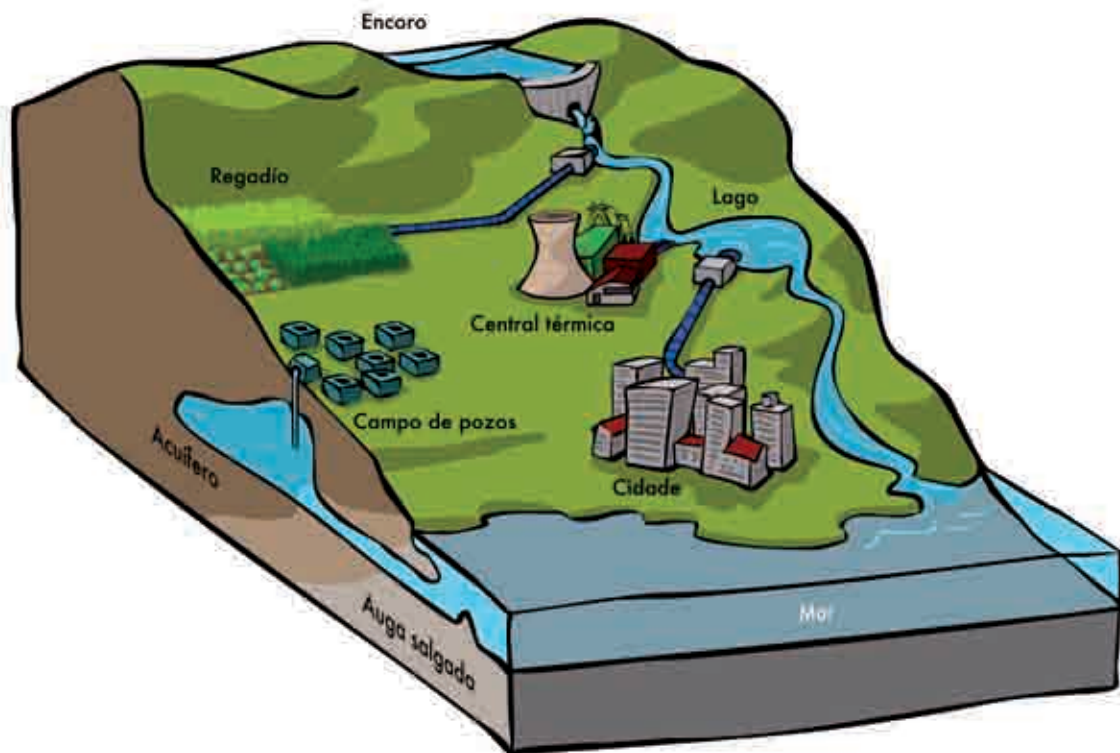
*“El campo de Dalías, llanura costera localizada en el extremo suroriental de la provincia de Almería, se tiene citado obstinadamente como uno de los más espectaculares éxitos del desarrollo económico que se ha producido en una comarca aparentemente pobre en recursos naturales [...]*



*De esta manera, cuando en los primeros años de la década de los años cincuenta del siglo XX empezó la reciente explotación del agua subterránea, se presentaba en este y otros lugares un panorama desolador [...]. Unas décadas después, una extracción masiva del agua del subsuelo permitió una transformación radical del lugar que acabó convirtiéndose en un auténtico emporio donde la producción agrícola alcanzaba cuotas hasta entonces insospechadas [...]. El éxito de estos nuevos cultivos fue de tal envergadura que rápidamente se propagaron por la comarca, de tal forma que, a principios de la década de los sesenta, ya se encontraban en regadío unas 5.000 hectáreas de unos terrenos que hasta entonces sólo proporcionaban algunos cereales, forrajeras o eran extensos eriales baldíos. En 1962 empezaron a levantarse los primeros invernaderos de plástico, con lo que se logró incrementar aún más los rendimientos y gracias a los cuales se pudo adelantar el momento de las cosechas [...].*

*En 1977, el Instituto Geológico Minero de Almería estimaba que la caída del acuífero en todo el Campo de Dalías era de un metro por año y advertía sobre el riesgo de una intrusión marina [...]. En 1980 se alcanzó la cota cero, igual a la del nivel del mar en algunos acuíferos. [...] Incluso en algunos lugares próximos a la costa la salinización del agua forzó el abandono de cultivos. [...] En la actualidad, dos de los tres principales acuíferos se encuentran claramente sobreexplotados, por lo que los fenómenos de salinización afectan ya a una superficie considerable.”*

- Por que é máis doado que este fenómeno ocorra en Almería que en Galicia?
  - Explica por que os terreos de Campos de Dalías se volveron salinos.
  - Que modificación experimentou o réxime hidrolóxico desa zona?
- A figura mostra un esquema das distintas alteracións no réxime natural do balance hídrico dunha determinada zona debidas á presenza dun encoro de regulación, duns pozos no acuífero, dunha central térmica, dunha cidade e dunha zona de regadío.
- Como afectará o encoro ao réxime hidrolóxico do río?
  - Como o afectaron os pozos?
  - Como o afectará a central térmica?
  - Como o afectará a agricultura?
  - Como o afectará a cidade?



Todas estas alteracións están bastante ben estudadas a nivel local en diversos balances hídricos. Pero na actualidade, por mor de impactos desta natureza como é o cambio climático, comézase a considerar a necesidade de abrir liñas de investigación a escala global, continental e planetaria.

Os modelos rexionais indican que, ao longo do presente século, as precipitacións van sufrir modificacións significativas relacionadas co cambio climático, cunhas consecuencias sobre a hidrosfera que trataremos con máis profundidade nos capítulos 6 e 7 no. Nos países do arco mediterráneo está prevista unha diminución das precipitacións, que, por outra banda,





serán máis concentradas. En España está previsto, xa que logo, unha maior intensificación dos riscos asociados a fenómenos climáticos extremos como as inundacións e, moi en especial, as secas.

Polo tanto, no marco do cambio climático, tanto no contexto global coma no rexional, non podemos excluír o aumento de precipitacións. Con todo, en termos xerais, o que si cabe esperar é un aumento da evapotranspiración, que afectará a aqueles acuíferos que teñan o nivel freático próximo á superficie do terreo. Tamén se espera unha maior demanda hídrica, debido á calor e á menor dispoñibilidade de auga superficial.

Con estas previsións é de esperar un descenso xeneralizado da auga subterránea nos acuíferos, o que pon en perigo a estabilidade fisicoquímica dos recursos hídricos subterráneos.

- Sinala as partes de España que terán máis risco de inundacións e de secas.
- Como se prevé que sexa a situación de Galicia en comparación co conxunto de España?

Na actualidade, á parte dos efectos do cambio climático sobre a hidrosfera, en especial sobre os océanos, estanse identificando outros efectos globais derivados da interferencia humana no ciclo da auga.

Un exemplo curioso destes impactos globais no ciclo da auga atopámolo na acción combinada e global da construción de encoros e do uso de fertilizantes.



Isto orixinou que os encoros fosen importantes barreiras para o acceso dos silicatos aos océanos, e o uso de fertilizantes aumentou a cantidade de nitratos que entran no océano. De aí que ultimamente se detectase unha diminución a escala global no plancto das algas diatomeas, que precisan sílice, e un aumento das dinófitas.

- Responde co estudado neste apartado ás cuestións iniciais do apartado “Responde co que sabes agora”



## A circulación da auga e o clima: das selvas aos desertos

A distribución das precipitacións está relacionada coa circulación atmosférica, dado que o vapor de auga é un dos compoñentes do aire e, como vimos, a súa condensación, cando o aire húmido se satura ao baixar a temperatura, vai determinar a formación de precipitacións.

Entre os factores que determinan o clima destacan as precipitacións e a temperatura. A temperatura está moi relacionada coa insolación e, polo tanto, coa latitude. As precipitacións, como vimos, teñen moito que ver coa circulación atmosférica, que é no que nos imos centrar a continuación.

### *Modelo de circulación atmosférica para caracterizar as precipitacións segundo latitudes*

Como a auga que nos chega á Terra o fai en forma de precipitación, para abordar algún tipo de modelo que permita comprender a súa distribución e predicir daquela como lle pode afectar calquera cambio no sistema climático, debemos recorrer a buscar un modelo de circulación xeral da atmosfera.

Ese modelo sería moi sinxelo, se a Terra non xirase e, ademais, a súa superficie fose regular. De ser así, a circulación explicaría dunha forma moi doada cun modelo de cela continua que se desenvolvería dende o ecuador (superficie de baixas presións) ata os polos (superficie de altas presións). Un modelo tan simple implicaría unha circulación continua onde o aire quente iría arrefriando en altura cara aos polos, e descendería logo para volver pegado á Terra a ocupar a zona de baixas presións do ecuador, onde quecería, iniciando de novo o ascenso. Desta forma, na nosa latitude o vento sopraría cara ao sur no hemisferio norte, e estaríamos así recibindo constantes ventos do norte. Obviamente, no hemisferio sur ocorrería o contrario.

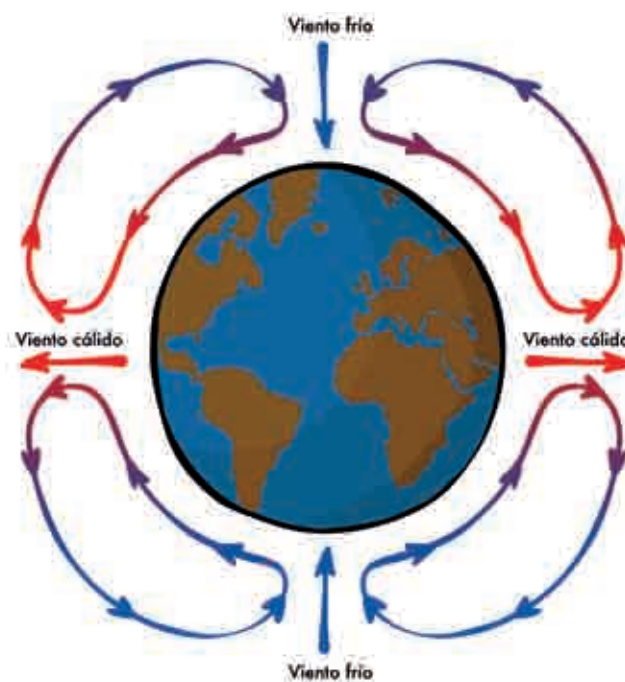


Figura 19. Modelo simple da circulación atmosférica despreciando a continentalidade





A presenza de núcleos de altas e baixas presións cambiantes, que á súa vez provocan o cambio da orientación dos ventos e a formación de borrascas, contradíse con este modelo global tan simple. Non obstante, si é certo que a maior insolación a nivel do ecuador provoca o ascenso do aire, porque a súa densidade diminuíría debido á dilatación térmica, e o aire frío máis denso pasará a ocupar o seu lugar.

Entre os factores que invalidan este modelo xeral simple de cela única, destaca o feito de que a Terra teña un movemento rotacional que imprime aos seus fluídos unha forza que se denomina de Coriolis. Ademais desta aceleración, interfíren no modelo xeral simple o relevo e os efectos continental e oceánico, debido á maior capacidade calorífica do océano fronte á que presenta o interior dos continentes, que fai que aquí a regulación térmica sexa menor.

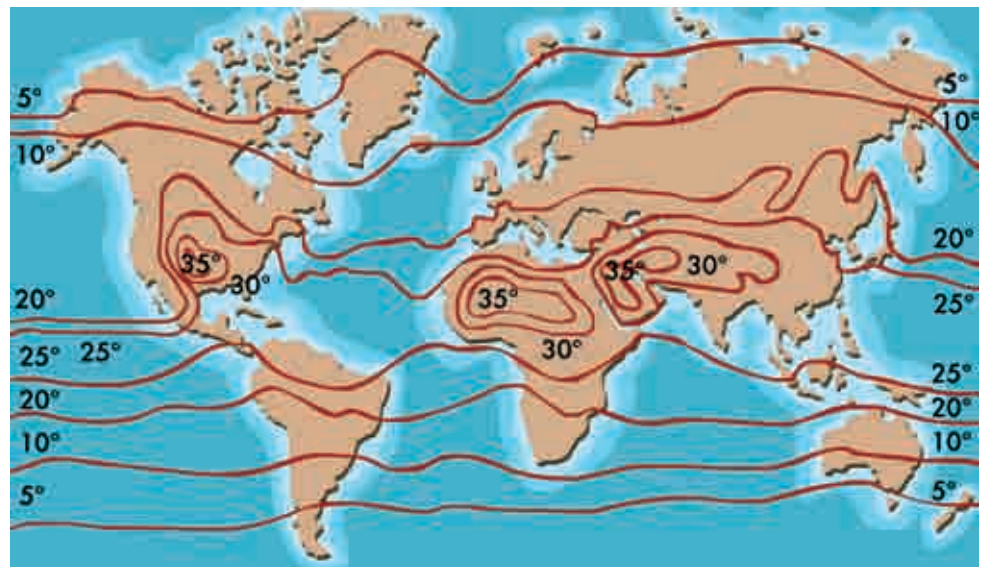


Figura 20. Influencia da continentalidade e da latitude na variación térmica. Se a temperatura non estivese influenciada máis que pola latitude, as liñas isoterma coincidirían cos paralelos (puntos de igual latitude) e o máximo térmico estaría sempre situado sobre o ecuador. Pero esa coincidencia non se produce, tal e como se pode comprobar ao observar como as isoterma, ou liñas que unen puntos de igual temperatura, experimentan curvaturas polo efecto da continentalidade

Na procura dun modelo global, é factible incorporar o efecto provocado pola forza de Coriolis, pero co efecto de continentalidade e co relevo non sucede o mesmo, pola súa natureza rexional.

Tendo presente entón a diferenza de insolación ligada á latitude e ao efecto da aceleración da forza de Coriolis, podemos establecer un modelo xeral que nos permita categorizar as rexións planetarias polas probabilidades das súas precipitacións, que, en combinación coas súas temperaturas medias estacionais, darán lugar a determinadas grandes rexións climáticas que, pola súa banda, van presentar unhas adaptacións climáticas singulares nas súas comunidades, cuxa caracterización queda integrada no concepto de bioma.

Situándonos no hemisferio norte (no sur as orientacións ocorre o contrario pola forza de Coriolis) para unha descrición do modelo, o aire ascende no ecuador debido á elevada insolación, producíndose así unha zona de baixas presións ecuatoriais. Ese aire que ascende nas zonas ecuatoriais diríxese polas capas da atmosfera con dirección NE, regresando á superficie terrestre cara aos 30° de latitude, onde se sitúan as zonas de altas tropicais.

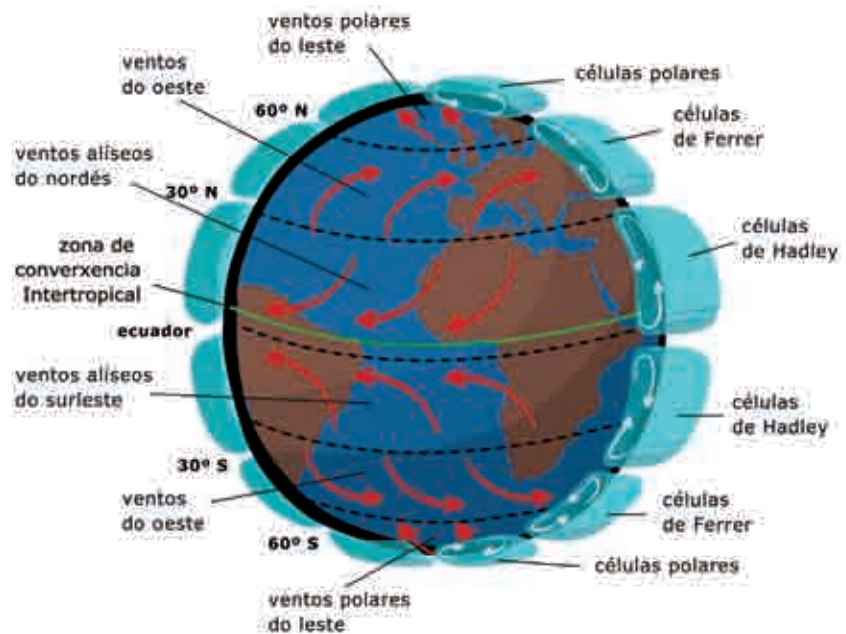


Figura 21. Modelo xeral de circulación atmosférica

A partir desa latitude, diríxense cara ao leste en dirección de latitudes superiores, formándose os clásicos ventos de poñente frecuentes nas latitudes medias correspondentes ás zonas temperadas. A orientación cara ao leste supón que nas nosas latitudes sentimos que o vento nos vén do SO, que se estende ata a zona de baixas subpolares, situadas en rexións en torno á latitude 60°. Xa que logo, as celas de circulación nas latitudes medias están comprendidas aproximadamente entre os 30° e os 60° de latitude.

Por baixo da latitude de 30° o vento flúe sobre a superficie dende os trópicos ao ecuador, en sentido contrario, polo que nesas latitudes se percibe que os ventos veñen do NE e se coñecen como alisios. Estes ventos cérranse en altura con outros ventos que completan as celas que, no caso da dos alisios, se denominan contra-alisios, que sopran en dirección SE, que completa a cela das latitudes baixas, entre a latitude 0 e a latitude 30. A terceira cela configúrase dende as baixas subpolares ata o polo, interpretando así a formación das altas polares.

- Explica a formación de tormentas tropicais con este modelo
- Como explica este modelo o clima tropical?
- Como explica este modelo a alta frecuencia de baixas presións na zona das Illas Británicas?
- En Galicia o vento máis frecuente é o de NE ou o SO? Cal está ligado á existencia de precipitacións? En que época do ano se adoitan formar os ventos menos frecuentes?"

### *As precipitacións dende as selvas aos desertos*

Este modelo, coas súas limitacións, permite explicar a existencia das grandes rexións climáticas. As comunidades destas rexións caracterizadas por uns gradientes de





valores de precipitación e temperatura coñécense, como xa dixemos, como biomas. Ao estaren determinados por dous gradientes, precipitacións e temperaturas, estes biomas pódense representar en sistema cartesiano, onde cada un quedará graficamente situado nas interseccións das súas correspondentes marxes de gradientes de temperatura e precipitacións.

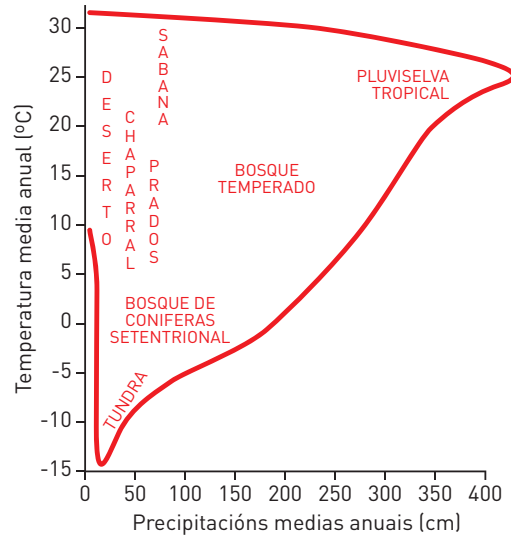


Figura 22. Distribución de oito biomas terrestres principais con respecto á temperatura media anual e as precipitacións medias anuais. (Simplificado por Begon a partir de Whittaker).

O factor fundamental na configuración dos biomas é a dispoñibilidade da auga durante a época de crecemento das plantas. Onde non hai escaseza o arboredo é denso e a vexetación cobre toda a superficie de solo fértil, como na selva ou un bosque temperado de carballos. Cando a auga empeza a escasear, as plantas necesitan explorar coas súas raíces un maior volume de solo para obter a auga que precisan e teñen que separarse cada vez máis unas doutras. As árbores e a vexetación xa non ocupan toda a superficie, senón que aparecen separadas, como ocorre coas aciñeiras da devesa, ou cos baobab da sabana, que aparecen illados e sen que as súas copas cheguen a tocarse.



Figura 23. Sabana

E o segundo factor que matiza os biomas, como se dixo, é a temperatura. Alí onde non baixa dun determinado valor en todo o ano, considérase que non hai estación fría e as plantas poden crecer continuamente todos os meses do ano (agás que haxa unha estación seca). É o caso das selvas tropicais. Nestas rexións, e alí onde hai solo utilizable, a agricultura é moi produtiva, pois ao non haber parada invernal de crecemento pódense obter colleitas todos os meses do ano, especialmente se hai acceso a auga abundante para a rega e a auga non é un factor limitante.

● Á vista da gráfica busca o nome do bioma que corresponde a cada unha das rexións cuxas temperaturas e precipitacións medias anuais se indican a continuación:

- 350 cm e 25 ° C (-----)
- 200 cm e 15° C (-----)
- 5 cm e 20° C (-----)
- 0 cm e -5° C (-----)

As rexións con maiores precipitacións son as correspondentes ás selvas que se estenden dende as zonas ecuatoriais aos trópicos. Son zonas onde as choivas anuais superan os 200 cm<sup>3</sup> e onde caen polo menos 12 cm<sup>3</sup> de auga (foto dunha selva). Segundo o modelo de celas, correspóndense con zonas de baixas presións debido ao ascenso de aire quente nos arredores do ecuador.

No outro extremo de precipitacións, están os desertos.

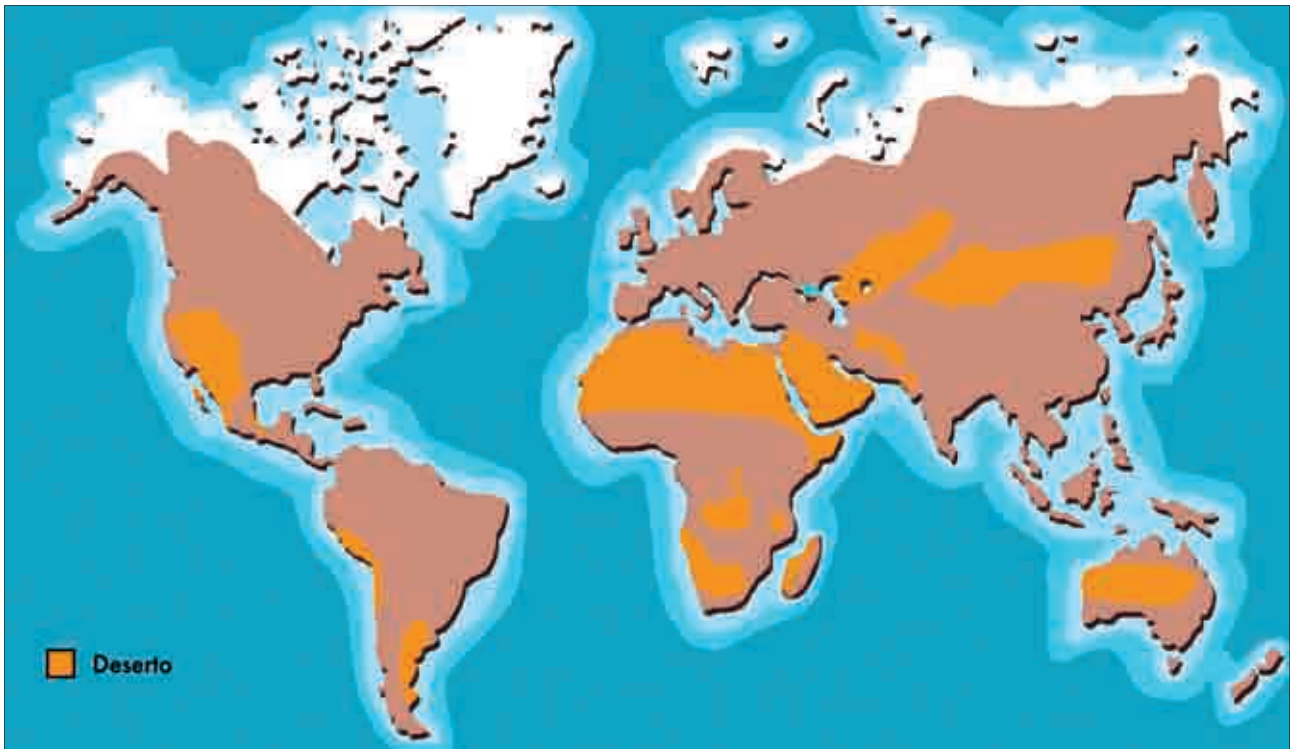


Figura 24. Deserto

Atópanse en zonas que experimentan secas extremas. As precipitacións son inferiores aos 25 cm<sup>3</sup>. A maioría dos desertos esténdense entre latitudes lixeiramente superiores e inferiores arredor dos trópicos; o que se explica bastante ben co modelo de celas ao coincidiren esas rexións coas zonas de altas presións tropicais.







En zonas tropicais con maior humidade, máis próximas ás selvas, localízanse as sabanas, cuxa imaxe típica é a de prados con moita herba e algunhas árbores dispersas.



Figura 25. Sabana

Moi semellantes ás sabanas, en canto á escaseza de precipitacións, son os prados temperados, que recibiron nomes distintos dependendo dos continentes e países: praderías, estepas, pampa... Bastante parecidos aos prados pero con menos precipitacións, temos os *chaparrales* mediterráneos.

En gradientes de baixas temperaturas e de baixas precipitacións, temos o bioma da tundra, que se sitúa arredor do Círculo Polar Ártico. A auga superficial desta zona conxéllase e desconxéllase ao ritmo das estacións do ano, pero aquela que se atopa no solo a partir duns determinados centímetros de profundidade caracterízase por estar permanentemente xeadada, no que se coñece como permafrost. A flora típica inclúe carrizas, liques e árbores ananas, inda que nalgunhas zonas de permafrost, onde as condicións son algo mellores e o xeo permanente do solo se atopa máis fondo, encóntranse as grandes árbores do bosque de coníferas coñecido como taiga. Na actualidade estas árbores, en determinadas rexións como Alasca, vense inclinadas en direccións diferentes.



Figura 26. Árbores inclinados en diferentes direccións por inestabilidade do terreo por derretemento do permafrost

O motivo é que o quecemento global actual comezou a derreter o permafrost baixo un chan que, antes de estar xeadado, era firme e que agora, co desexo en profundidade, volveuse inestable e incapaz de termar do arborado. En Siberia xa está afectada unha área de aproximadamente un millón de quilómetros cadrados, o que ademais de poñer en perigo este bioma, supón un risco para o incremento do quecemento global. Esta posible contribución ao cambio climático débese a que a cantidade de carbono almacenado nestes solos pode desestabilizarse coa desconxelación ao poderen descompoñer os microorganismos unha materia orgánica antes inaccesible para o seu metabolismo ao estar permanentemente conxelada, pasando o carbono á atmosfera e retroalimentando así o quecemento global.



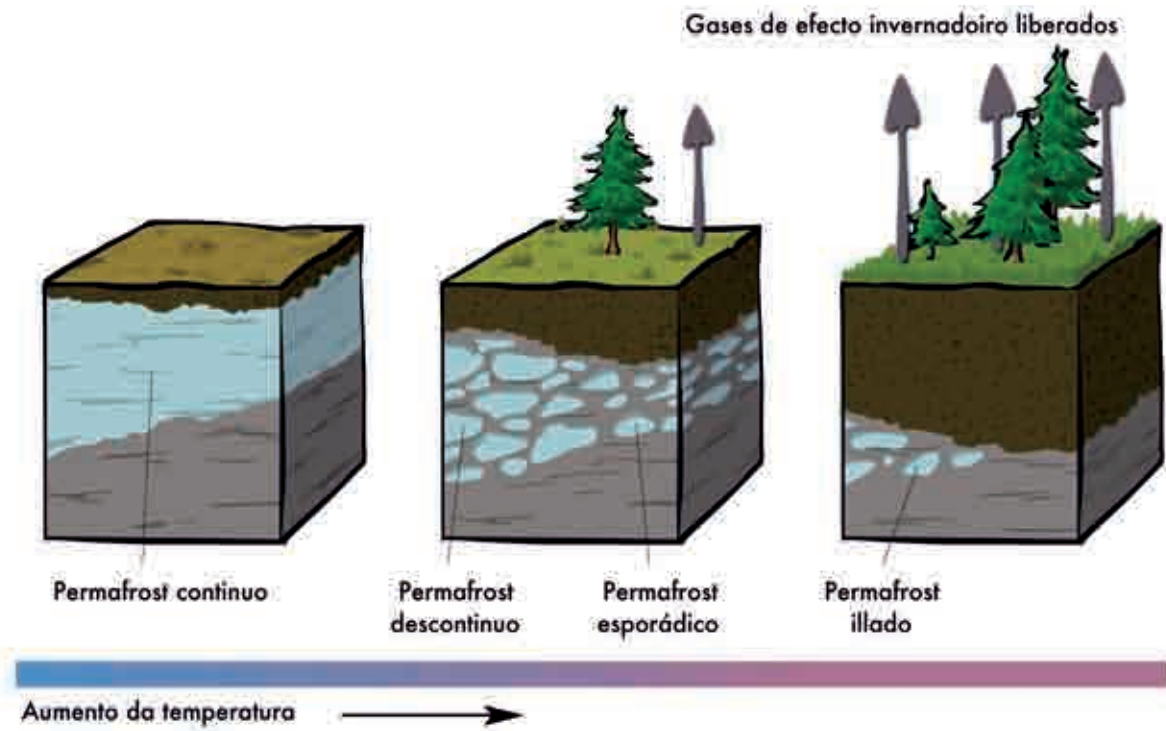
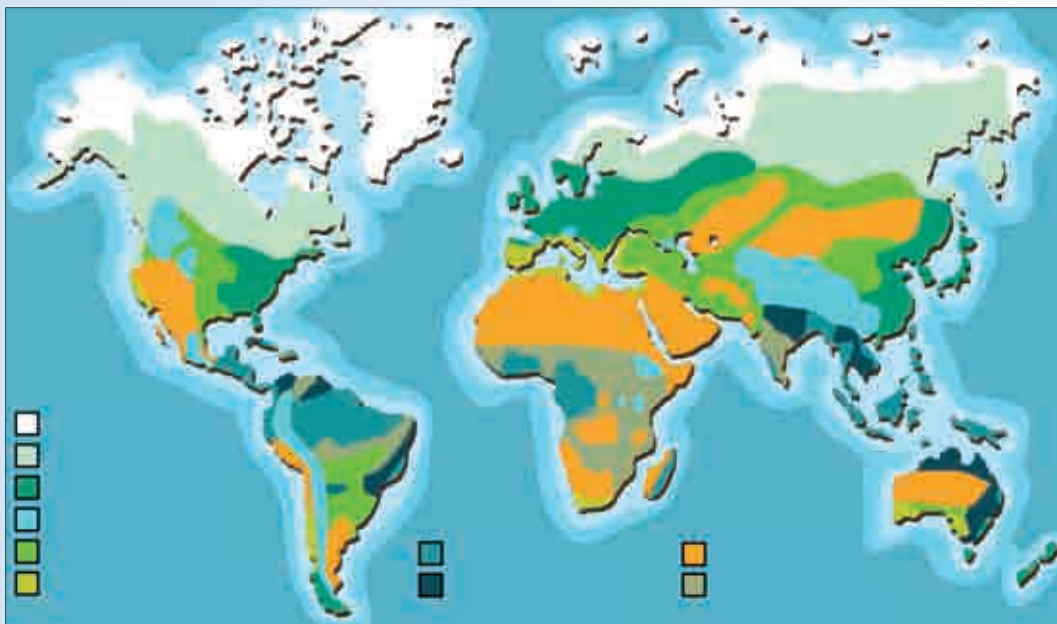


Figura 26. Derretemento do permafrost por aumento de temperatura

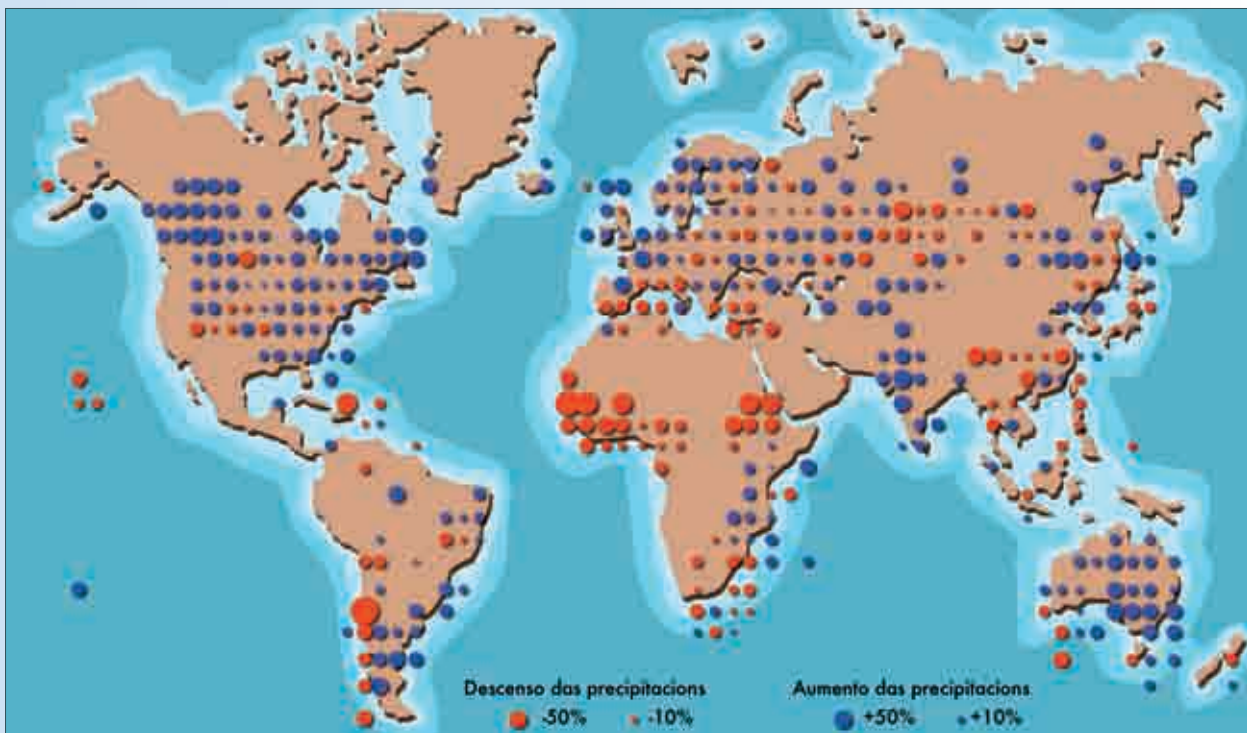
Nas rexións de climas temperados, temos os bosques temperados, con variantes mixtas con mestura de especies de folla caduca e perenne, como ocorre nas nosas fragas (figura foto dunha fraga). Estes bosques requiren de temperaturas medias e de elevadas precipitacións. Vense favorecidos naquelas rexións temperadas nas que son frecuentes os pasos de fronteiras que deixan abundantes precipitacións.

- Á vista do mapa, sitúa nas lendas nas que falta texto os seguintes biomas segundo corresponda: selva, deserto, tundra e bosque temperado.



Estes biomas son a manifestación dunha pauta no reparto das precipitacións, tendo en conta as temperaturas que caracterizan as latitudes nas que se manifesta. Unha das preocupacións do quecemento global é a diminución de precipitacións, ou a presenza torrencial destas, que pode provocar inundacións. Segundo os datos dos que dispoñemos, no último século as precipitacións incrementáronse a nivel global case un 20%, o que é coherente cun escenario de quecemento global. Con todo, o aumento non se reparte homoxeneamente por todas as rexións, subindo nunhas rexións e diminuíndo noutras. Xa que logo, os biomas actuais pódense ver alterados polo cambio climático.

- Fíxate no mapamundi, tendo en conta que os círculos azuis sinalan áreas que experimentaron un aumento das precipitacións e os laranxas mostran lugares nos que diminuíron.



O tamaño representa a porcentaxe segundo a lenda. Unha vez analizada a información responde:

- a) Que biomas e en que continentes poden verse alterados en superficie, en aumento ou diminución, de manterse a tendencia?
  - b) En que rexións se vai complicar a adaptación ao cambio climático de manterse a tendencia?
- Responde co estudado neste apartado ás cuestións iniciais: "RESPONDE CO QUE SABES AGORA".



