



Unidade: Meteoroloxía e Climatoloxía

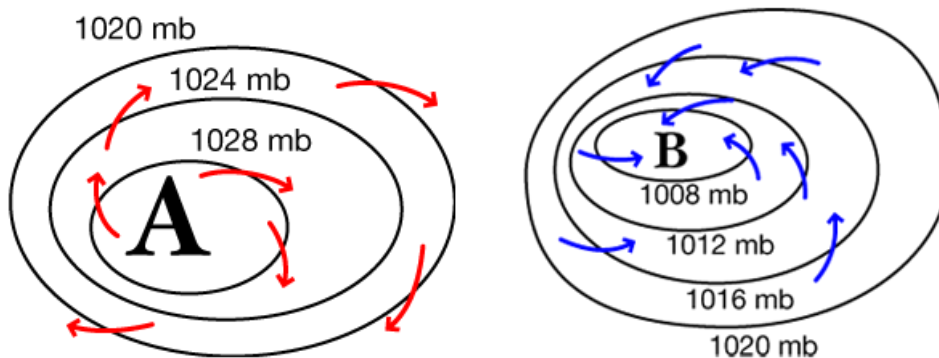
1. Conceptos básicos
2. Variables do tempo meteorolóxico:
 - 2.1. Presión
 - 2.2. Nebulosidade
 - 2.3. Precipitación: tipos e causas
 - 2.4. Tipos de ventos: locais, rexionais e planetarios
3. Fenómenos especiais asociados a baixas presións.
4. Interpretación de mapas meteorolóxicos.
5. Clima:
 - 5.1. Factores do clima e diagramas climáticos
 - 5.2. Zonas climáticas
 - 5.3. O clima galego no contexto ibérico
- 6.- Cambios climáticos
 - 6.1. Cambios climáticos do pasado
 - 6.2. Cambio climático actual

1. Conceptos básicos

A Meteoroloxía estuda o tempo meteorolóxico, que se define como as condicións atmosféricas nun lugar e momento concretos; non debemos confundilo con *clima*, pois o clima refírese ás condicións atmosféricas características dun lugar por longos períodos de tempo, polo que se ben o tempo muda constantemente, os cambios de clima suceden a longo prazo.

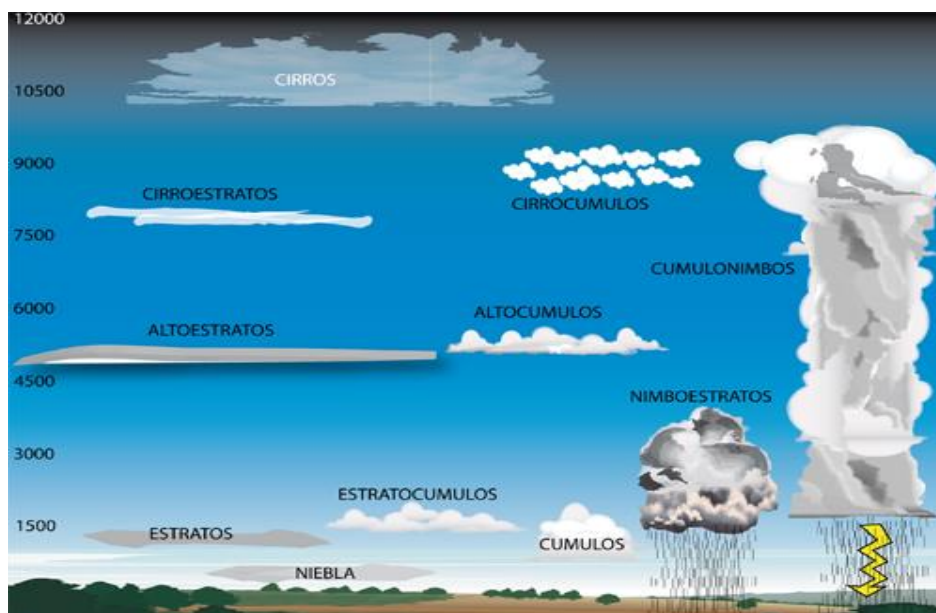
2. Variables do tempo meteorolóxico:

2.1. Presión atmosférica: zonas de anticiclón (alta presión) e zonas de borrasca (baixa presión), con xiro horario e antihorario respectivamente no hemisferio norte, polo efecto Coriolis, e ao contrario no hemisferio sur.



2.2. Nebulosidade: *nubes* e *néboas* fórmanse por condensación (ou sublimación), cando o aire supera o punto de saturación (nubes en altura e néboas preto da superficie). Fánse visibles porque o vapor é invisible, pero a auga líquida sólida das nubes dispersa a luz. A nebulosidade vese favorecida pola presenza de *núcleos de condensación* arredor dos que se deposita a auga, tales como po, fume, ou incluso superficies como o solo ao arrefriarse (*rocío ou xeadas*).

Clasificación das nubes: por forma e altitude. Formas: estratos (laminar), cúmulos (globular), cirros (filamentosa); altitude: nubes baixas (ata 2000 m), medias (ata 6000), altas (de xeo), e cúmulonimbos ou nubes de tormenta, que ocupan varios pisos de altura polo desenvolvemento vertical, forma de iunque.



Se continúa o arrefriamento, as gotiñas de auga e os cristais de xeo das nubes aumentan de tamaño e caen por gravidade dando lugar as precipitacións.

2.3. Precipitación: tipos e causas.- Precipitación é a caída de auga líquida ou sólida á superficie terrestre dende a atmosfera, a partir de nubes formadas previamente. Pode ser de varios tipos:

- Choiva: precipitación líquida procedente da condensación ou da fusión de xeo durante a caída. A fina é o orballo, e as máis grosas son os chuvascos, fortes e de curta duración.
- Neve: precipitación sólida de xeo, formado por sublimación. Os copos son cristais de xeo moi ramificados que caen lentamente.
- Saraiba: bolas de xeo compacto formadas nos cúmulonimbos, nas que o elevado gradiente térmico xera intensas correntes ascendentes, que arrastran a auga conxelándoa bruscamente. O proceso pode repetirse varias veces.
- Rocío e Xeada: precipitacións debidas á condensación ou cristalización sobre unha superficie (solo, coches, plantas), sobre todo de noite pola baixada da temperatura. Nalgunhas zonas é a precipitación principal (Atacama).

Causas das precipitacións: a formación de nubes e as precipitacións teñen lugar cando o aire se eleva e arrefría, o cal pode suceder por: *frontes / convección / relevo*.

✓ Precipitacións asociadas a frontes (frías, cálidas, ocluídas, estacionarias)

As fronte son zonas de contacto entre dúas masas de aire diferentes: cálido-húmido e frío-seco, elevándose o aire cálido por ser menos denso. Todas as fronte orixinan nubes e precipitacións e fórmanse en calquera estación, aínda que nas nosas latitudes son máis frecuentes en inverno.

Distinguimos os seguintes tipos:

a) *Fronte fría*:



A masa de aire frío-seco empurra á cálida-húmida; o aire frío máis denso introdúcese a modo de cuña baixo o cálido, que sube de forma abrupta, orixinando cúmulonimbos. Produce baixada de temperatura, chuvascos e tormentas.

b) *Fronte cálida*:

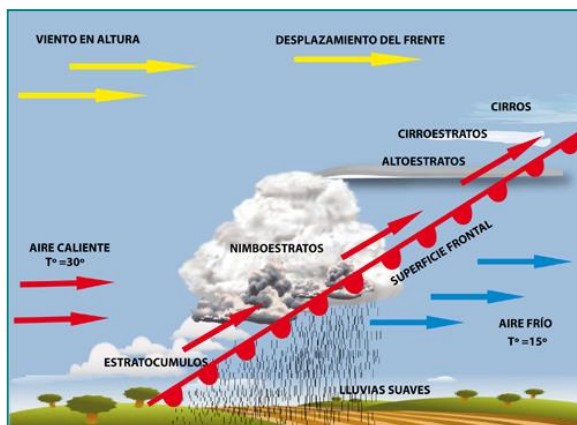
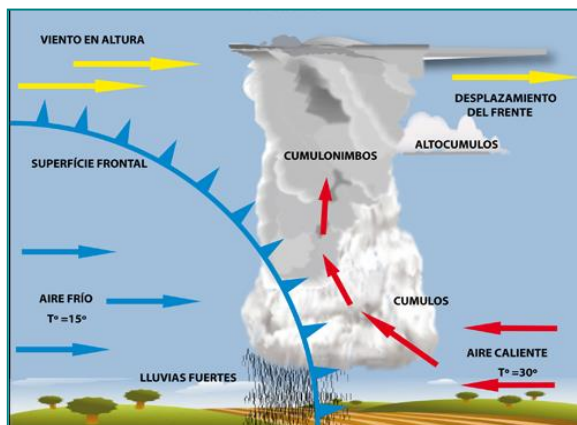


A masa cálida-húmida empurra á de aire frío-seco. A elevación do aire quente é máis tendida e forma nubes tipo estrato, asociadas a brétemas, choivas débiles pero persistentes, e suba da temperatura.

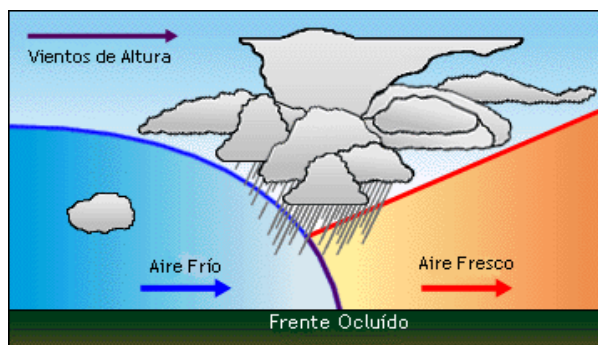
c) *Fronte ocluída*:



Masa cálida entre dúas frías, que se eleva ata desaparecer. Suceden cando unha fronte fría, rápida, acada a unha cálida, máis lenta. Produce cambios de temperatura e precipitacións variadas.



d) *Fronte estacionaria*: sen predominio de ningunha masa de aire. Choivas persistentes



✓ Precipitación por convección (borrascas):

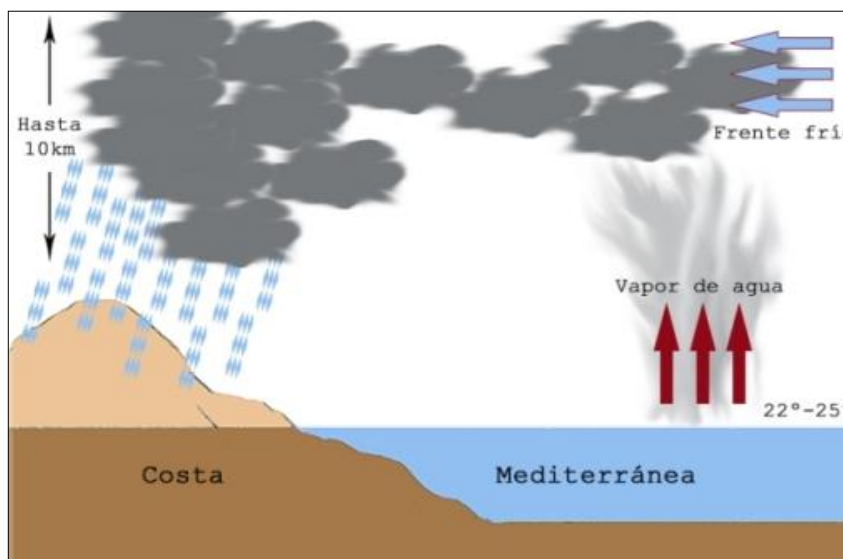
A convección é o ascenso de aire en zonas onde se quenta, polo que dilata e diminúe a súa densidade. Ao elevarse, arrefría dando lugar a nubes e precipitacións. Van ser zonas de baixa presión ou borrascas, con inestabilidade atmosférica e capacidade de dispersar a contaminación atmosférica.

– Tormentas: fenómenos atmosféricos producidos por forte inestabilidade e intensa convección. Forman nubes de gran desenvolvemento vertical, os cúmulonimbos, con elevado gradiente térmico entre base e cumio, e característica forma de iunque. A intensa convección orixina chuvascos, saraibas e aparato eléctrico. As nubes de tormenta son frecuentes no verán en montañas, pero tamén a causa de frentes frías.

– Gota fría (DANA ou "*Depresión Aislada en Niveles Altos*"): intensas precipitacións orixinadas por contacto entre aire cálido-húmido ascendente e aire polar moi frío, estancado en altura. Necesita a suma de tres factores: mar quente, bolsa de aire frío en altura e inestabilidade. Frecuente en outono na costa mediterránea.

En outono o mar garda calor, sendo o vento mariño cálido e húmido, que ascende ata altas capas da troposfera, onde pode haber *bolsas de aire moi frío*, desgaxadas da fronte polar. O contacto é explosivo: en pouco tempo fórmanse enormes cúmulonimbos que descargan choivas localizadas pero torrenciais, fortes tormentas, temporais de vento, saraibas e incluso nevadas.

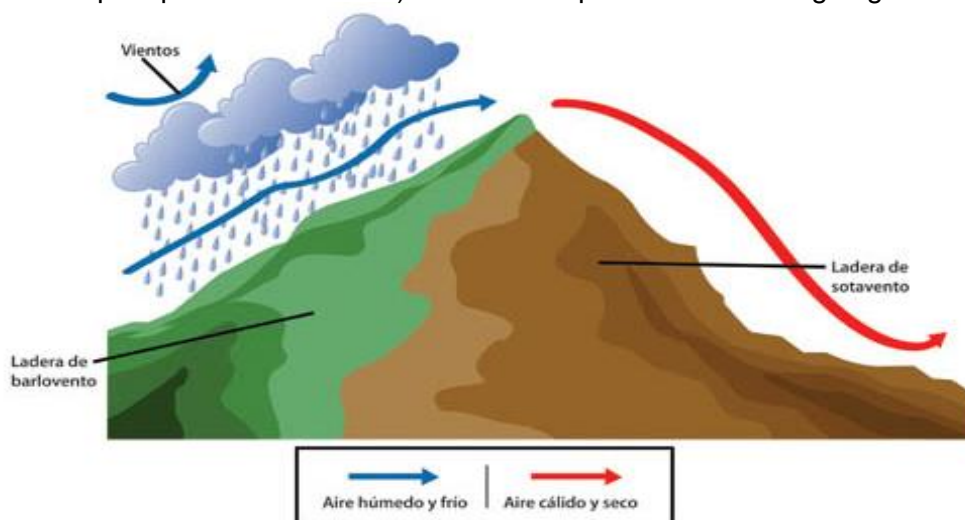
As inundacións máis catastróficas da Península Ibérica foron episodios de gota fría. Tamén se dan con menor frecuencia en Galicia, Cantábrico e Pirineos.



✓ Precipitacións asociadas ao relevo (Efecto Föhn):

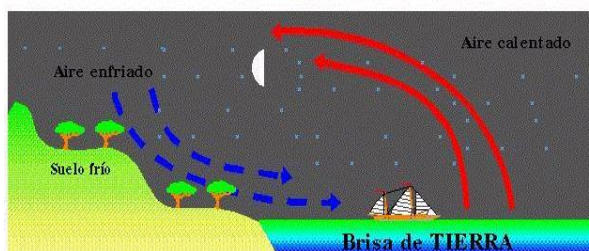
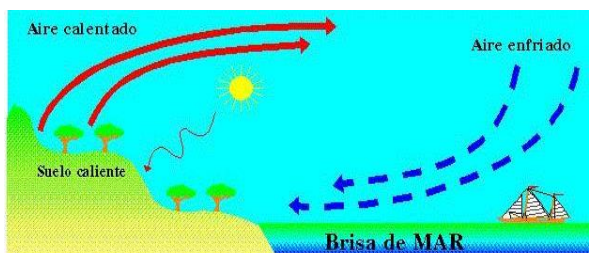
Son precipitacións orográficas ou producidas polo relevo, en especial altas montañas. Teñen lugar cando aire húmido, procedente do mar, choca contra montañas, que o obligan a ascender. Ao subir arrefría e o vapor condensa, formando nubes e descargando choiva, de maneira que vai perdendo humidade. Ao chegar á outra vertente está seco, descende e requéntase producindo aridez (deserto orográfico / sombra de choivas). Por este motivo, moitas serras presentan abas de barlovento húmidas e verdes, fronte ás de sotavento secas e desérticas.

Fenómeno frecuente en moitos lugares como Alpes, Cordillera Cantábrica ou Illas Canarias con forte relevo (Gomera, Tenerife, A Palma) onde se estancan nubes ("mar de nubes" ou precipitación horizontal). Tamén se aprecia nas serras galegas.



2.4. Tipos de ventos: locais, rexionais e planetarios.

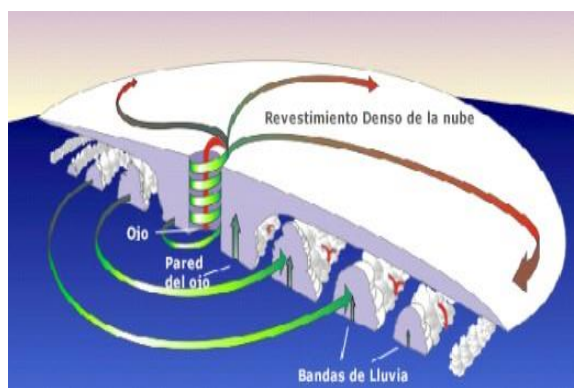
- Locais, son as *brisas mariña e terrestre*, que sopran de forma alterna de día e de noite, así como as de val e montaña.
- Rexionais, como os *monzóns*, ventos tropicais a modo de brisas a gran escala, que cambian de dirección segundo a estación. Determinan o clima de amplas rexións de Asia e África. Son:
 - O monzón de inverno, frío e seco, sopra do continente. É a estación seca.
 - O monzón de verán, moi húmido ao proceder do mar, dando lugar á estación de choivas, das que depende a agricultura. A miúdo provocan inundacións.
- Planetarios: son ventos globais e constantes, determinados pola circulación xeral da atmosfera, dependen dos cintos de presión latitudinais. Son: *alisios*, en zonas tropicais, *do oeste* en latitudes medias, e *levante polares* nas zonas frías.



3. Fenómenos meteorolóxicos especiais asociados a baixas presións

- Furacáns (ciclóns tropicais)

Extensas e potentes borrascas tropicais, que xiran arredor do seu ollo, en sentido antihorario (no hemisferio norte). Característicos de verán-outono, cando o mar está quente. Frecuentes en India, Australia, Filipinas, Caribe; no Pacífico chámanse *tifóns*. Con grande poder destrutivo, a súa perigosidade mídese pola escala Safir-Simpson (0-5).



- Tornados: columnas xiratorias de vento e po, son depresións de pouca extensión e duración pero moi intensas, que van dende o solo ata a base dun cúmulonimbo. Son antihorarias no hemisferio norte e fórmanse por quentamento excesivo, os ventos poden acadar 500 km/h, polo que teñen gran poder devastador. Rápidos e impredecibles, son frecuentes en verán en EEUU e, en menor medida, na costa mediterránea e galega. No mar chámanse *mangas*.

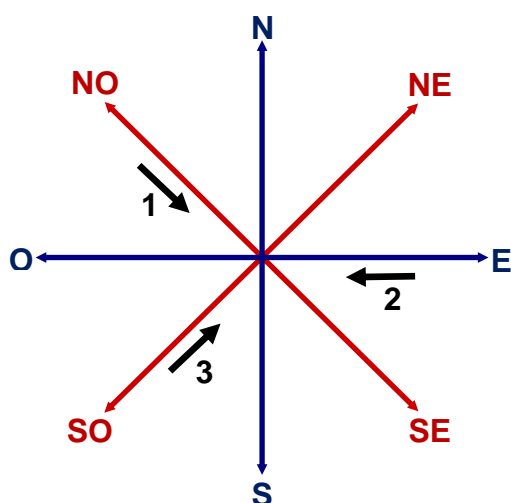


As precipitacións, os fenómenos eléctricos das tormentas, e os temporais de vento constitúen importantes e perigosos riscos naturais climáticos ou meteorolóxicos.

4. Interpretación dos mapas meteorolóxicos.- Nun mapa meteorolóxico, mapa do tempo ou mapa de isóbaras, temos en conta:

- ♦ a presenza de Anticiclóns e Borrascas, que determinan a situación atmosférica, a dirección dos ventos, as nubes e as precipitacións.
- ♦ nos anticiclóns a presión crece cara ao centro e nas borrascas cara o exterior.
- ♦ os anticiclóns producen estabilidade e tempo seco, as borrascas orixinan inestabilidade e risco de precipitacións.
- ♦ a circulación do aire en anticiclóns do hemisferio norte é horaria e nas borrascas antihoraria, sendo en sentido contrario no hemisferio sur.

- ◆ a potencia vén dada polo valor da isóbara central (os anticiclóns son máis potentes canto máis alto sexa o valor central, e as borrascas canto máis baixo)
- ◆ os gradientes de presión determinan a intensidade do vento e veñen dados polas isóbaras, se están moi próximas o gradiente é elevado e os ventos serán fortes e se están separadas os ventos serán débiles. Mídese pola escala Beaufort.
- ◆ a presenza de frontes indicadas coa súa simboloxía e tipo de precipitacións asociadas.
- ◆ a dirección do vento é o punto cardinal dende o que procede e mídese coa veleta. Para determinala no mapa teremos en conta que o vento circula dende Anticiclón ⇒ Borrasca, con dirección paralela á isóbara máis próxima e sentido correspondente a circulación horaria / antihoraria propia de cada hemisferio; no hemisferio norte o vento deixa a presión máis alta á súa dereita.



- Vento 1:** procede do Noroeste (NO)
- Vento 2:** procede do Este (E)
- Vento 3:** procede do Suroeste (SO)

A dirección do vento inflúe no tempo, así nas nosas latitudes, os ventos procedentes do Sur son cálidos e os do Norte fríos. Así mesmo, se proceden do mar serán húmidos e se sopran dende zonas continentais son secos.

Así, en Galicia o vento do SO aporta calor e humidade, os do NE son frescos e secos, e o S traen calor, ás veces acompañada de po sahariano (calimas).

Exemplo: Comentar o seguinte mapa de isóbaras ou meteorolóxico



- No mapa temos sinalado un anticiclón (sobre o Mar do Norte) e dúas borrascas, unha profunda no Atlántico, preto de Islandia, e outra débil en Grecia. Nas zonas de influencia anticiclónica o tempo é estable e seco e nas de borrasca hai inestabilidade con risco de precipitacións.

– Temos representadas varias frontes, todas asociadas a precipitacións. As fronteas frías, sobre Rusia por exemplo, traen baixada térmica, chuvascos e posibles tormentas. A cálida, sobre Irlanda, irá acompañada de choivas finas persistentes, e as ocluídas, Grecia e Sur de Italia, poden aportar diferentes tipos de precipitación.

– Nas zonas de anticiclón a contaminación quedará atrapada (aire estancado) mentras que as borrascas favorecen a dispersión (convección). Así por exemplo non hai dispersión nos países nórdicos, mentres que si a hai en Grecia.

– A intensidade do vento será maior onde hai elevado gradiente de presión, isto é onde as isóbaras estean próximas (Irlanda ou Escocia), sendo máis moderado en Centroeuropa e moi suave en zonas con isóbaras separadas (Península Ibérica).

– Finalmente, determinamos a dirección do vento en tres zonas sinaladas no mapa:

- a) Galicia: **SE**, cálido e seco, suave
- b) Cataluña: **NE**, frío e seco, moderado – forte
- c) Irlanda: **SO**, cálido e húmido, forte.

5. Clima: Denomínase clima ao conxunto de fenómenos meteorolóxicos característicos dunha rexión, polo que os datos climáticos han de ser valores medios correspondentes a moitos anos. Non se debe confundir con tempo meteorolóxico.

Os elementos do clima son: Temperatura / Precipitacións / Humidade / Presión atmosférica / Vento e Nebulosidade.

5.1. Factores do clima e diagramas climáticos.- Os factores do clima poden ser:

a) *Factores astronómico-planetarios:* inflúen a escala xeolóxica. Son o movemento de translación e a dirección e inclinación do eixo da Terra con respecto á órbita, que varían en periodos moi longos (ciclos de Milankovitch), así como o vulcanismo, a distribución dos continentes e a cantidade de radiación solar emitida.

b) *Factores xeográficos:*

1. – Latitude: determina a cantidade de radiación solar recibida, que é máxima nas zonas ecuatoriais-tropicais (raios perpendiculares) e mínima nas zonas polares (raios oblicuos). É o principal condicionante do clima, determinando a existencia das grandes unidades ou cintos climáticos (clima de latitudes baixas, medias e altas).

2. – Continentalidade / Proximidade ao mar: a elevada capacidade calorífica da auga xunto coas brisas fan que a cercanía ao mar suavice os contrastes térmicos tanto diarios como estacionais, mentres que no interior dos continentes haberá maior amplitude térmica e climas máis extremos: invernos fríos e secos e veráns calorosos.

3. – Altitude: modifica o clima debido ao gradiente térmico vertical que supón o descenso de temperatura coa altitude (0,65° C cada 100 m) dando lugar aos diferentes pisos térmicos. As zonas de alta montaña presentan climas similares aos de latitudes altas ou frías.

4. – Orientación: inflúe na exposición á radiación solar, ventos e precipitacións (efecto Foëhn); no noso hemisferio as ladeiras orientadas ao sur (solana) reciben máis calor que as do norte (umbría).

5. – As correntes mariñas: as correntes cálidas como a do Golfo, que transportan calor van temperar as costas que bañan como as europeas, mentres que correntes frías (Humboldt, Canarias), arrefrían as costas afectadas. Por este motivo zonas á mesma latitude presentan importantes diferenzas climáticas, como Islandia bañada pola corrente do Golfo, e Groenlandia, afectada por correntes frías.

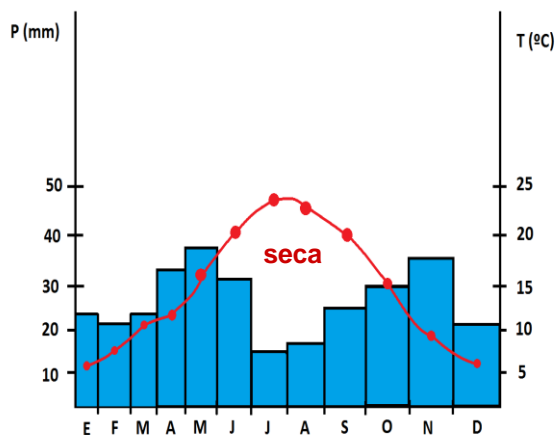
Outro factor que inflúe é a vexetación, xa que retén humidade no solo e no aire.

– *Diagramas climáticos: Climogramas*

Os climogramas son gráficas utilizadas en estudos do clima, que representan as temperaturas e precipitacións durante un ano. Cada tipo de clima ten un diagrama característico. Nun climograma representamos:

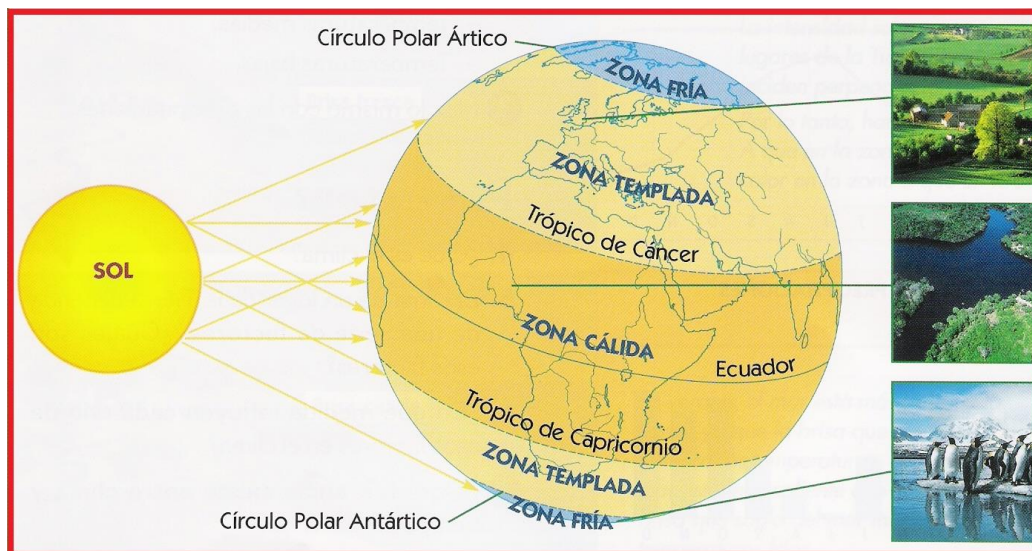
- no eixo horizontal os meses do ano;
- na vertical dúas escalas: a temperatura media de cada mes á dereita, e precipitación total mensual en mm (equivale a l/m²) representada á esquerda, en forma de liña ou como diagrama de barras.

Indícase o nome da localidade, altitude, anos de observación, temperatura media e precipitación total anuais. Permite deducir os meses con risco de xeadas, o periodo de seca, estación húmida, etc.

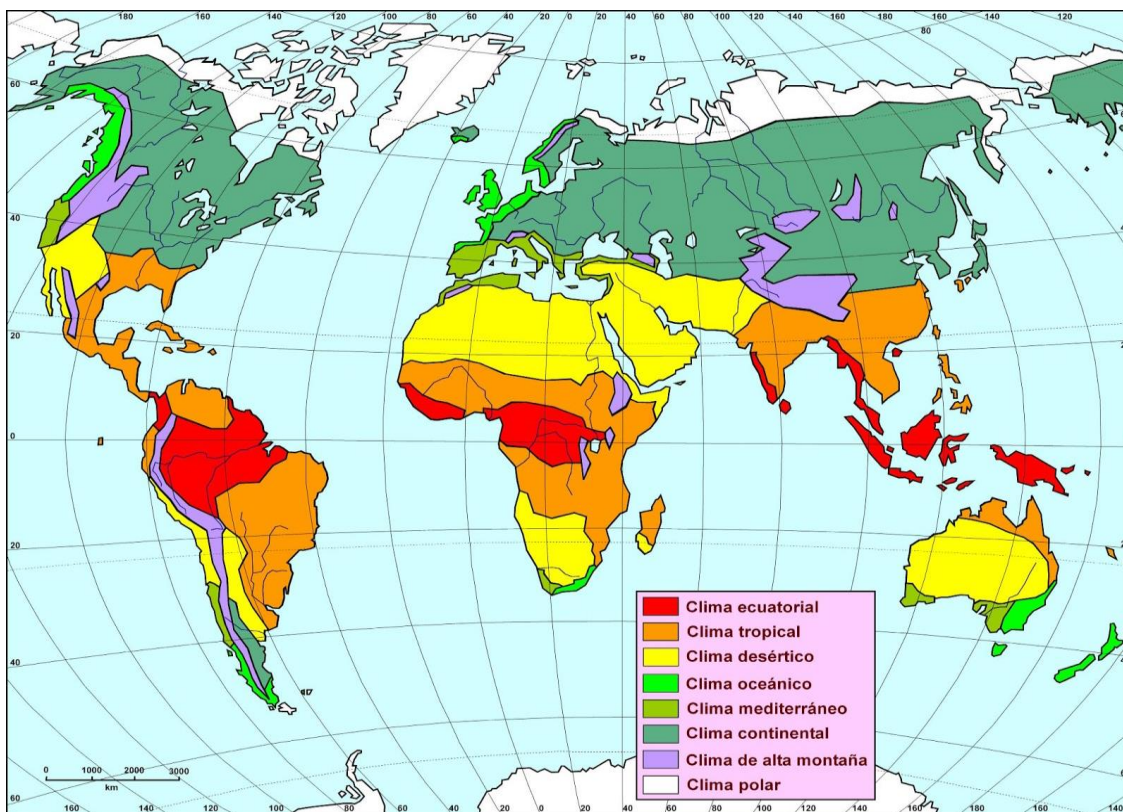


5.2. Zonas climáticas: A cantidade de radiación recibida e a circulación atmosférica global determinan a existencia das grandes zonas climáticas de acordo á latitude. Son:

- **Cima de latitudes baixas ou cálidos:** sen estación fría. Son a zona ecuatorial e as tropicais, que se corresponden co clima **ecuatorial** (cálido e húmido todo o ano), **desértico** (escasas precipitacións) e **tropical**, con estación seca en inverno e chuviosa en verán (monzós).
- **Clima de latitudes medias ou temperados:** Zonas con influencia dos anticiclóns tropicais e das borrascas subpolares, que se desprazan cara os respectivos polos na estación fría. Temperaturas e choivas moderadas (inclúe os climas **mediterráneo, continental e oceánico**)
- **Clima de latitudes altas ou polar:** sen estación cálida. Zonas de influencia dos anticiclóns polares, onde descenden masas de aire frío e seco. Son **zonas frías** onde chove pouco, pois as precipitacións adoitan ser de **neve**.



Mapa dos climas do mundo:

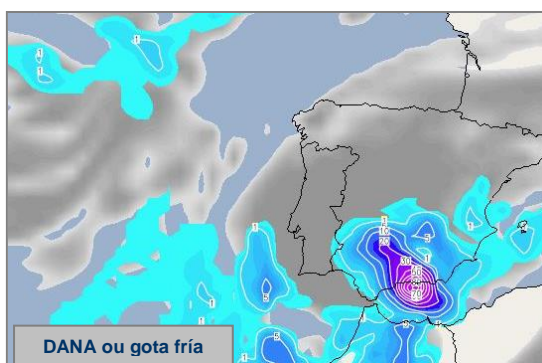
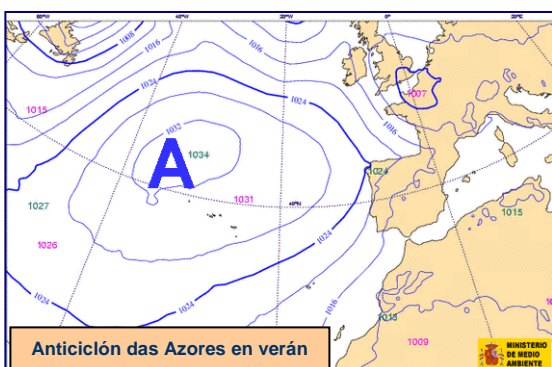


5.3. O clima galego no contexto ibérico

O clima na Península Ibérica (latitudes medias do hemisferio norte), vén determinado pola influencia dos anticiclóns subtropicais e a fronte polar, sendo os ventos dominantes os do **SO**, cargados de humidade ao proceder do mar.

Tamén inflúen os factores de continentalidade, a corrente cálida do Golfo que baña as costas europeas, e a altitude.

O desprazamento estacional da circulación xeral é a responsable de que en verán estemos baixo a influencia do anticiclón das Azores, que bloquea a entrada de precipitacións, e en inverno se nos acheguen as borrascas da fronte polar, que aportan choiva excepto no interior peninsular, onde a lonxanía ao mar produce o predominio dun anticiclón invernal orixinando invernos estables, secos e moi fríos, con xeadas e néboas, que atrapan a contaminación. Outro factor clave son as gotas frías na costa mediterránea en outono.

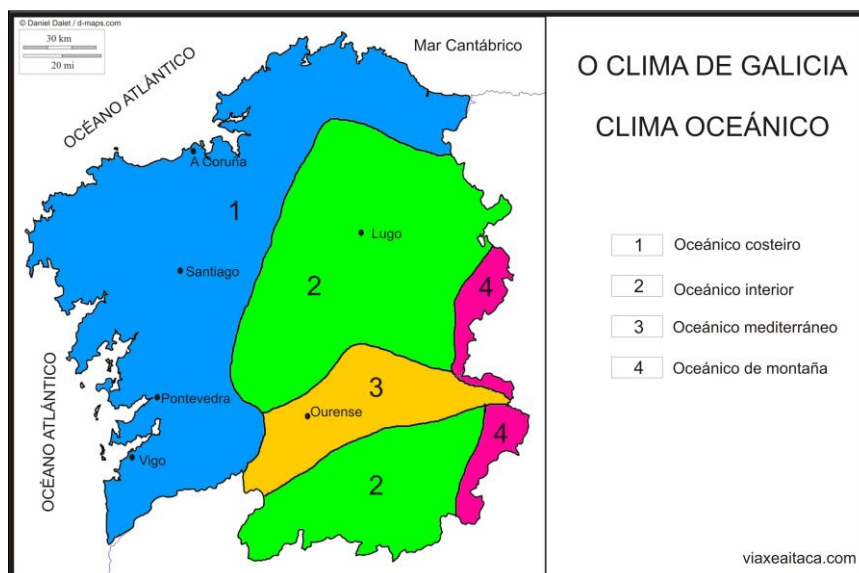


A suma destes factores determina a existencia dos seguintes climas na Península:

- CLIMA MEDITERRÁNEO: Cataluña, Levante, Andalucía, Baleares (seca estival)
- CLIMA OCEÁNICO: Galicia e costa Norte (temperado húmido)
- CLIMA CONTINENTAL: Centro Peninsular (temperaturas máis extremas)
- DE MONTAÑA: Pirineos, cordilleiras Cantábrica e Béticas (máis frío).
- CLIMA ÁRIDO: unha pequena franxa no sudeste presenta escasas precipitacións.



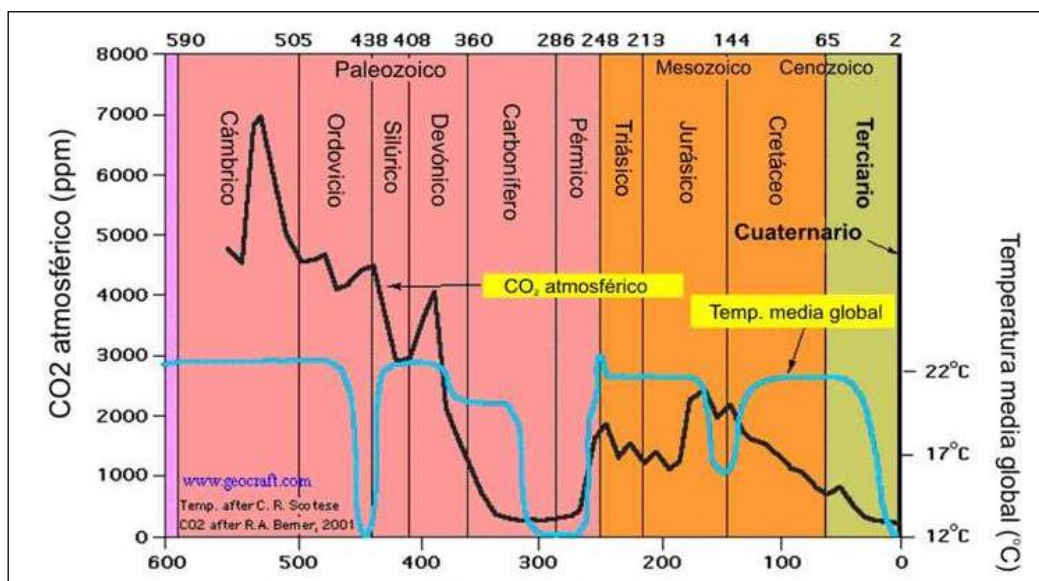
Variedades do clima en Galicia: O clima de Galicia vén determinado por factores como a latitude, a súa complexa orografía e a proximidade ao mar. O clima característico é o oceánico (marítimo ou atlántico), de temperaturas suaves e precipitacións abundantes, máis frecuentes na estación fría. De todos os xeitos, o clima galego non é uniforme, destacando zonas con influencia mediterránea (con seca estival) no Sil e Rías Baixas, e con influencia continental (máis extremo) no interior. As zonas de montaña son máis frías.



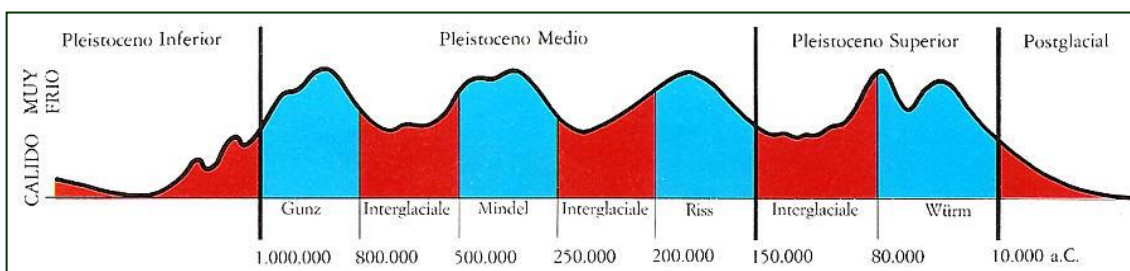
6.- Cambios climáticos

6.1. *Pasados*: cambios climáticos a escala xeolóxica son lentos e obedecen a numerosas causas naturais. Sinalamos:

– Antes do Cuaternario (ata 2 Ma): destacan varias épocas de clima frío global, as glaciacións, ligadas á formación de supercontinentes, que favorecen os climas extremos e causan extincións, e épocas cálidas que fomentan a explosión da vida. Así, a glaciación carbonífera relaciónase coa formación de Panxea II e a época cálida do Cretácico, coa súa fragmentación en continentes menores, que posibilita a circulación oceánica e o transporte de calor a latitudes altas.



– No Cuaternario: nos últimos 800.000 anos, sucedéronse varios períodos glaciares separados por interglaciares. A causa destas épocas frías, nas que a distribución continental era similar á actual, parece estar nos ciclos de Milankovitch, ou variacións periódicas na órbita terrestre, inclinación e dirección do eixo de rotación.



– No pasado histórico: hai 10.000 anos remata a última era glacial e comenza un período suave, pero iso non significa que o clima se mantivese invariable. Hai fluctuacións que parecen coincidir con cambios rexistrados na actividade solar. Son:

- *Óptimo Climático*, de 7000 a 5000 anos, época cálida que favoreceu a retirada do xeo, o aumento do nivel do mar e maior humidade en zonas áridas, contribuíndo ao florecemento das grandes civilizacións agrarias de Exipto e Mesopotamia.
- *Óptimo climático medieval*, período cálido entre os séculos X e XIV.
- *Pequena Idade de Xeo*: marcado arrefriamento entre os séculos XV e XIX na que avanzaron os xeos polares.

Os estudos climáticos baséanse en evidencias xeolóxicas e biolóxicas (rochas, fósiles, sedimentos, xeo, pole), e mesmo en documentos e manifestacións artísticas, no caso do pasado histórico.

6.2. Cambio climático actual:

6.2.1. Concepto e causas: O quentamento global é un problema actual de gran envergadura. Durante algún tempo debatiúse se o aumento da temperatura media da Terra rexistrado no último século, especialmente a partir de 1950, debíase a un cambio natural ou era antrópico. O equipo de científicos *IPCC* (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), creado en 1988 por Nacións Unidas, estableceu de forma concluínte en 2007 **a responsabilidade humana no cambio climático, a causa das emisións de gases de efecto invernadoiro, derivadas do noso modelo industrial**, que producirán un aumento da temperatura media de 1,8–4° C neste século (dependendo das medidas adoptadas para frealo), calculando **3°C** como máis probable.

O quentamento global terrestre, xa observable, dará lugar a un **cambio climático global** con múltiples consecuencias en cadea para todo o planeta.

A causa principal do cambio climático actual é o efecto invernadoiro antropoxénico, que se produce por incremento do efecto invernadoiro natural.

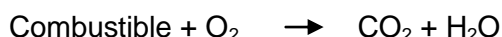
— Denomínase **efecto invernadoiro** ao papel que desempeña a atmosfera na regulación do clima, así gases atmosféricos como **vapor de auga e CO₂** **reteñen parte da enerxía calorífica** desprendida pola Terra en forma de infravermellos, polo que evitan que se arrefría demasiado mantendo a temperatura media en torno a **15° C**, valor axeitado para a vida. Trátase, por tanto, dun efecto natural e fundamental para a biosfera, sen o cal a temperatura media do planeta sería de - 18°C.

O **efecto invernadoiro inducido** ou **antropoxénico** débese ao aumento de gases invernadoiro na atmosfera como CO₂, metano e outros, por actividades humanas:



O **CO₂** é o principal gas con efecto invernadoiro (**GEI**) e procede de:

- **Uso de combustibles**, dende madeira a combustibles fósiles (carbón, petróleo–derivados, gas natural) porque todas as combustións liberan CO₂:



En lugares mal ventilados a combustión é incompleta, liberando monóxido de carbono (CO), gas moi perigoso porque é indetectable e produce a morte por asfixia (impide o transporte de osíxeno pola hemoglobina do sangue)

- **Deforestación** ou destrución de bosques, xa que os vexetais mediante a fotosíntese actúan como sumidoiros de CO₂.

- **Contaminación mariña**, os océanos teñen gran capacidade de absorción de CO₂ que se dissolve e pasa a formar parte de cunchas e caparazóns de moluscos e corais, así mesmo é captado polo plancto para a fotosíntese.

Polo tanto, ademais das combustións, calquera alteración de bosques e mares contribúe a aumentar o efecto invernadoiro (son os principais sumidoiros de CO₂).

Principais gases de efecto invernadoiro e as súas fontes (naturais e antrópicas):

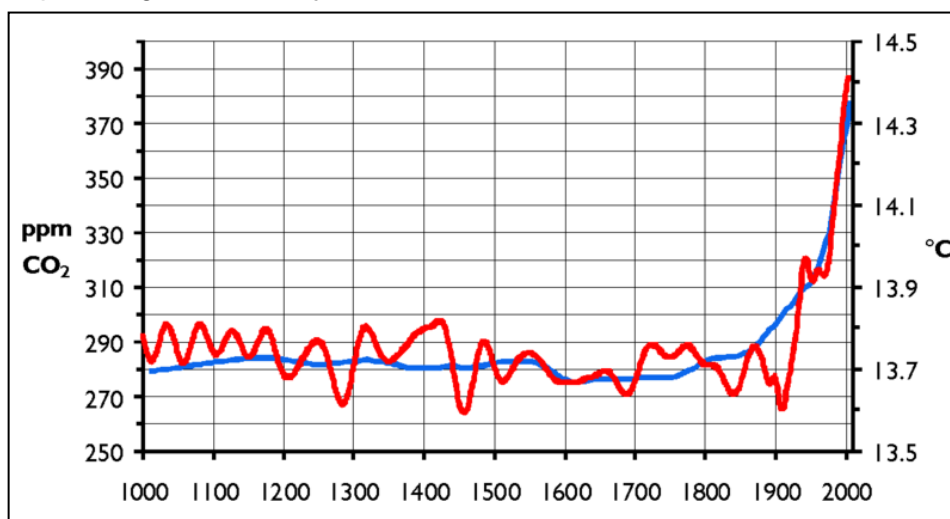
GEI	Actividades humanas	Fonte natural	Contribución ao EI
CO ₂	Uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas), e madeira, en produción de enerxía, industria, transporte e calefacción. Deforestación e contaminación mariña	Compoñente natural da atmosfera emisións volcánicas / incendios naturais	60-80 %
CH ₄ (metano)	Fermentación orgánica en vertedoiros, pozos negros, refinarías, arrozais, gandería, e desxeo do permafrost (solo xeado da tundra)	volcáns / pantanos / rumiantes	10%
N ₂ O (óxido nítrico)	Fertilizantes, automóviles, aviación, industria química	volcáns	7%
outros	variable	--	resto

Destaca o papel do CO₂ no efecto invernadoiro, seguido polo CH₄ (con potente efecto invernadoiro, pero se atopa en pequenas cantidades), e outros gases.

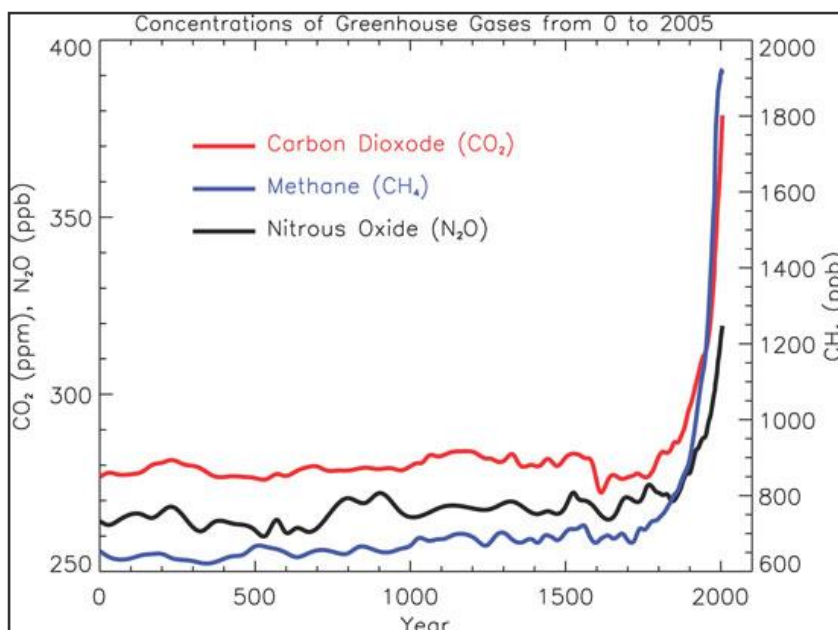
Evolución do CO₂ durante a historia da Terra:

O CO₂ é un compoñente natural da atmosfera, imprescindible para a vida, non é un contaminante e, a causa do seu ciclo natural, experimenta constantes cambios na súa concentración, relacionados coa fotosíntese, seguindo ciclos diarios e estacionais

Durante o pasado xeolóxico, a concentración de CO₂ sufriu importantes cambios naturais lentos (volcáns e seres vivos), que influíron no clima. Nos últimos miles de anos de historia da Terra mantívose estable (260 ppm), pero no último século da era industrial aumentou sensiblemente ata **350 ppm**, valor sen precedentes nos derradeiros 800.000 anos, sen dúbida a causa de actividades antrópicas, dando lugar a *curva en pao de golf ou hockey*.



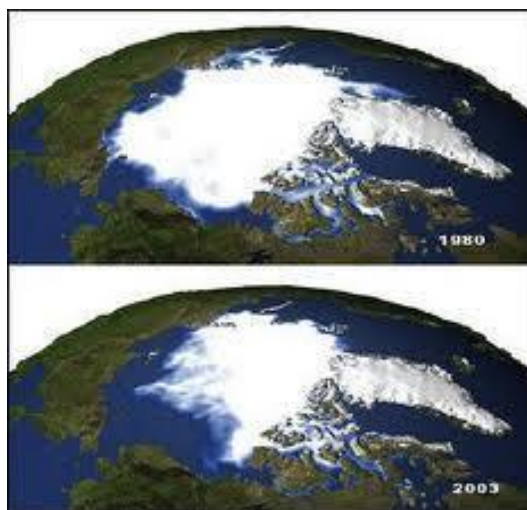
Evolución da concentración de gases GEI:



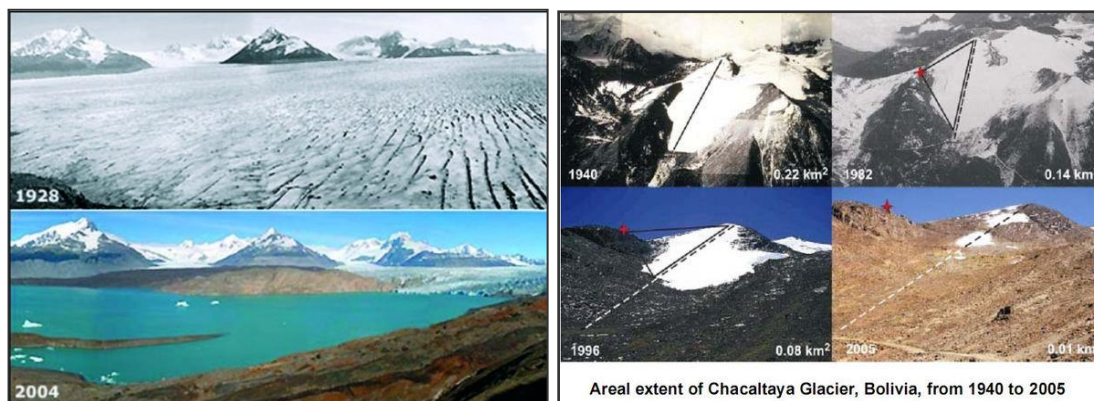
6.2.2. Evidencias, probas ou indicios do cambio climático:



- a) A temperatura subiu de forma crara no último século (0,76 °C), e oito dos anos máis cálidos dende que hai rexistro sucederon dende 2001.
- b) O nivel do mar subiu 0,8 mm por ano dende 1961, por desxeo continental.
- c) A perda de neve é xeralizada, o límite de neves perpetuas sube a maior altitude.
- d) A superficie xeadada do Ártico diminúe calculándose que desaparecerá durante o verán, a partir de 2050.
- e) Os glaciares retroceden en todo o planeta, a súa fusión é a causa principal do aumento do nivel do mar.
- f) Moitos seres vivos modifican os seus hábitos ou reducen a poboación (plantas de montaña, aves, focas, oso polar,...)
- g) O número de fenómenos meteorolóxicos adversos como furacáns, secas, tornados ou choivas torrenciais aumentou nos últimos anos



Estas evidencias serían a proba de que o cambio climático xa se está a producir.



6.2.3. Consecuencias do cambio climático:

1. - Fusión de glaciares e ascenso do nivel do mar: o desxeo de casquetes polares e glaciares produce o aumento do nivel do mar (de 1 a varios m) co conseguinte cambio en continentes e mares, desaparecendo illas, deltas e inundando zonas costeiras, a maioría densamente poboadas. Países como Bangla Desh, Holanda e moitas illas do Pacífico serían os máis afectados.

O desxeo produce tamén o aumento dos perigosos icebergs e a diminución das reservas de auga doce en moitas zonas do planeta. A fusión diminúe así mesmo o albedo, que realimenta o aumento térmico.

O retroceso de glaciares e aumento de icebergs parece confirmado nos últimos anos en diferentes lugares como Patagonia, Antártida, Groenlandia, Alpes, Himalaya ou Kilimanjaro, de maneira que glaciares e icebergs actúan como "marcapasos" ou indicadores do cambio climático.

- É importante sinalar que *o nivel do mar aumenta por desxeo de glaciares continentais* (sobre Groenlandia, Antártida, de montaña), pois a fusión de xeo flotante non altera o nivel do mar, aínda que si inflúe no clima.

- O nivel do mar tamén aumenta pola *expansión térmica* como consecuencia do aumento da temperatura do mar.

2. - Alteracións climáticas: o aumento de temperatura produce o avance do deserto ata zonas mornas e cambios na circulación do vento e correntes mariñas, con importantes consecuencias porque modifican a distribución de choivas a escala mundial, augmentando a frecuencia de fenómenos meteorolóxicos extremos, causantes de catástrofes, como inundacións, ciclóns, secas e ondas de calor cos seus riscos asociados (perda de colleitas, desertización, perda de vidas humanas e bens).

A fusión de xeo flotante modifica o clima porque diminúe o albedo e altera a dinámica das correntes mariñas, fundamentais na regulación do clima. Recentes estudos supoñen que a fusión do xeo ártico podería interromper a corrente do Golfo, que suaviza o clima europeo con efectos aínda non moi estudados (podería producir paradoxicamente *arrefriamento* en países costeiros de Europa).

3. - Consecuencias biolóxicas: o aumento da temperatura produce cambios en ecosistemas mariños e terrestres que afectarían a cultivos, colleitas e pesca, así como á distribución de seres vivos, provocando dende a desaparición de especies por redución de hábitats, especialmente en seres de montaña e de climas polares (zorro ártico, oso polar, balea beluga), ata novas adaptacións e modificacións de conduta e ciclos biolóxicos.

Nos últimos anos estanse a detectar fenómenos deste tipo: cambios na vexetación de montaña, adiantos na floración e atrasos na caída da folla, desaxustes na polinización, cambios nos ciclos vitais de cría, migración e hibernación (cegoñas que non migran, osos que non hibernan ou focas que migran máis ao norte). O aumento da temperatura do mar afecta ao plancto, á pesca e aos arrecifes de coral, en regresión en todo o planeta a causa do quentamento e da acidificación dos océanos.

4. - Consecuencias para a saúde: ademais de problemas derivados da falta de alimentos por avance do deserto ou por inundacións e secas, pódese producir a reactivación de pragas e enfermidades causadas por parasitos tropicais que se instalarían en zonas mornas (malaria no Sur de Europa). As ondas de calor máis frecuentes tamén teñen efectos negativos na saúde.

5. - Non podemos esquecer as consecuencias económicas e sociais, derivadas das anteriores: escaseza de alimentos (avance do deserto, aumento de secas, perda de solo cultivable e de colleitas), escaseza de auga doce por diminución de neve, diminución da pesca e do turismo (alteración do ecosistema mariño, inundación de zonas costeiras), danos por inundacións e ciclóns, etc.

6.2.4. Medidas para frear o cambio climático:

Os primeiros intentos de solución parten do *Protocolo de Kioto de 1997* que propón *reducir progresivamente* as emisións de gases invernadoiro (GEI). Entrou en vigor en 2005 co teórico apoio de 141 países. As propostas concretas foron:

- *reducir emisións de CO₂*: substituír progresivamente o uso de combustibles fósiles por *enerxías renovables* ata lograr unha baixada do 5% respecto a 1990.
- *frear a deforestación* e os incendios forestais
- *evitar a contaminación mariña*
- *reducir a emisión doutros gases de efecto invernadoiro* (metano, óxido nítrico): cambio de moitas prácticas agrícolas e gandeiras e restrición do tráfico rodado.

O Protocolo de Kioto considerou *mecanismos de flexibilidade* para facilitar o seu cumprimento, establecendo diferenza de porcentaxes de redución segundo o desenvolvemento, e *mecanismos de compensación* como a compravenda de emisións entre países e empresas, o fomento de sumidoiros con repoboacións e financiar tecnoloxías máis limpas. A pesar das facilidades, o Protocolo de Kioto non se está a cumprir por parte dos principais emisores mundiais.

Pola contra, para moitos científicos consideran as medidas de Kioto insuficientes e propuxeron endurecelas en 2012, advertindo que o desequilibrio do clima por causas humanas xa se está a producir e que no mellor dos escenarios posibles, a temperatura seguirá aumentando 0,1º C por década.

Na *Conferencia sobre Cambio Climático de París de 2015*, 195 países firmaron un novo Protocolo co obxectivo de evitar que o aumento térmico para finais de século sobrepase os 2ºC con respecto aos niveis preindustriais, para o cal comprometéronse a reducir as emisións mediante tecnoloxías limpas e compatibles co desenvolvemento sostible e a diminución da pobreza.

Galicia, que emite o 0,1% do efecto invernadoiro mundial e 7,5% do español, sobrepasando o tope fixado por Kioto, tería que afrontar unha seria reconversión na súa industria e transporte (substituíndo o carbón das centrais térmicas de As Pontes e Meirama; limitar o tráfico, fomento de enerxías limpas), para poder cumprir estes compromisos.

Previsións para a Península Ibérica:

Pola súa situación, a Península Ibérica é unha zona especialmente sensible ao quentamento: *máis inundacións, máis temporais e choivas torrenciais, pero tamén máis secas, ondas de calor e incendios, menos neve e praias menos extensas*. Calcúlase que a finais de século as precipitacións se reducirían un 20% e que zonas húmidas como Galicia se "mediterranicen" (menos días de choiva pero máis torrencial) e mesmo se volten áridas.

A temperatura media aumentou 0,9º C entre 1931-2004 (máis que a media mundial de 0,7 ºC).

As praias retrocederán 15 m antes de 2050, o nivel do mar aumentará 35 cm no Cantábrico e 20 no Mediterráneo, afectando sobre todo a costas baixas como Doñana, Valencia e Murcia.

Os recursos hídricos diminuirán arredor do 14% antes de 2030, a aridez estenderase polo Sur da Península asemellándose ao Norte de África, aumentará o número de especies ameazadas e poden resentirse a agricultura, pesca e turismo.

