

ZANICHELLI

Simonetta Klein

Il racconto della chimica e della Terra

ZANICHELLI

Capitolo 9

Il tempo atmosferico e il clima

Sommario

1. Che cos'è il tempo, che cos'è il clima
2. Le proprietà dell'atmosfera
3. Le nubi e la nebbia
4. Le precipitazioni
5. Come varia la temperatura nella troposfera
6. La pressione atmosferica
7. I venti
8. La circolazione atmosferica generale
9. Fenomeni meteorologici estremi
10. Il clima
11. Individuare i climi della terra
12. La classificazione dei climi globali

Che cos'è il tempo, che cos'è il clima

Le **scienze dell'atmosfera** sono scienze predittive: si occupano delle previsioni delle condizioni atmosferiche basandosi su leggi fisiche e avvalendosi di modelli teorici e calcoli matematici.

La **meteorologia** studia il tempo atmosferico, cioè l'insieme di tutte le caratteristiche momentanee dell'atmosfera in una determinata area geografica.

La **climatologia** studia il clima, cioè lo stato del tempo atmosferico di un'area geografica ricavato dalle medie statistiche considerate nell'arco minimo di 30 anni.

Le proprietà dell'atmosfera

Ogni stazione meteorologica è generalmente dotata di:

- **termometro**, che rileva la temperatura
- **barometro**, che misura la pressione atmosferica
- **igrometro**, che misura l'umidità dell'aria.

Dai parametri che si ottengono con questi strumenti dipendono molti aspetti del tempo atmosferico.

Le proprietà dell'atmosfera

La **temperatura** esprime quanto l'aria è calda o fredda.

Dalla temperatura dipende la capacità dell'aria di disperdere vapore acqueo senza che si condensi: l'aria più calda può contenere più acqua gassosa di quella fredda.

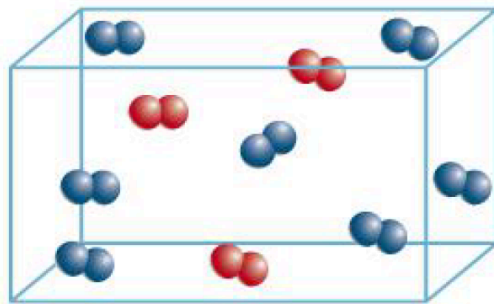
Si esprime in gradi centigradi, anche se l'unità di misura del Sistema Internazionale è il Kelvin.



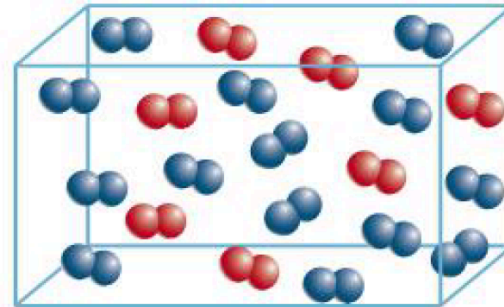
Le proprietà dell'atmosfera

La **pressione** esprime quanto intensamente la forza di gravità della colonna d'aria sovrastante agisce su una determinata superficie.

È tanto maggiore quanto più numerose sono le molecole di gas presenti in un certo volume a una data temperatura, cioè quanto più è densa la massa d'aria contenuta in quel volume.



bassa pressione



alta pressione

Le proprietà dell'atmosfera

L'unità di misura della pressione è l'**ettopascal** (hPa),
che ha lo stesso valore in millibar (mbar)

$$1 \text{ hPa} = 1 \text{ mbar}$$

Al livello del mare la pressione media atmosferica è
1013,25 hPa (o mbar).

Le proprietà dell'atmosfera

L'**umidità assoluta** è la quantità in grammi di vapore acqueo contenuta in un metro cubo d'aria. La sua unità di misura è **g/m³**.

L'acqua gassosa non si disperde nell'aria in qualsiasi concentrazione, in quanto condensa se oltrepassa un certo valore massimo detto **limite di saturazione**.

L'**umidità relativa** è il valore dell'umidità assoluta in rapporto al limite di saturazione espresso in percentuale.

$$\text{umidità relativa (\%)} = \frac{\text{umidità assoluta}}{\text{limite di saturazione}} \cdot 100$$

Le proprietà dell'atmosfera

Il limite di saturazione diminuisce al diminuire della temperatura: se raffreddiamo una massa d'aria, l'umidità assoluta non cambia, ma l'umidità relativa aumenta.

Raffreddando una massa d'aria sotto il limite di saturazione, l'umidità relativa diventa 100%.

Raffreddando ancora, l'aria diventa **sovrasatura** e il vapore in eccesso condensa.

Il **punto di rugiada** è la temperatura alla quale l'aria con una certa umidità è satura di vapore.

Le nubi e la nebbia

Abbassando la temperatura sotto il punto di rugiada, in presenza di pulviscolo, avviene una rapida condensazione del vapore in eccesso.

Si formano microscopiche goccioline d'acqua che restano in sospensione nell'aria e formano le **nubi**.

L'aspetto delle nubi è molto vario, tuttavia si riconoscono alcune forme di base che permettono di classificarle.

Le nubi e la nebbia



I **cirri** sono nubi sottili filamentose e trasparenti di alta quota costituite da aghi di ghiaccio e trascinate dal vento.

I **cumuli** sono nubi tondeggianti bianche e dai contorni arrotondati. Si formano a causa di correnti ascensionali che portano le masse d'aria a salire di quota e quindi a raffreddarsi a basse temperature.



Le nubi e la nebbia



Gli **strati** sono nubi estese orizzontalmente che ricoprono zone molto vaste.

I **nembi** sono nubi a sviluppo verticale che da bassa quota arrivano a grandi altezze, sono le nubi dei temporali. I cumulonembi sono imponenti, con la vetta spazzata dai venti e la tipica forma a incudine. I nembostrati sono ampi, spessi e oscurano il cielo.



Le nubi e la nebbia

La **nebbia** si forma quando le condizioni che originano una nube si verificano a livello del suolo.

Con elevata umidità relativa, con cielo sereno, in assenza di vento e di nubi che trattengono il calore vicino alla superficie terrestre, il vapore acqueo dell'aria condensa a bassa quota.

Nebbie di trasporto si formano quando l'aria umida proveniente dal mare giunge sulla terraferma e a contatto con il suolo freddo condensa.

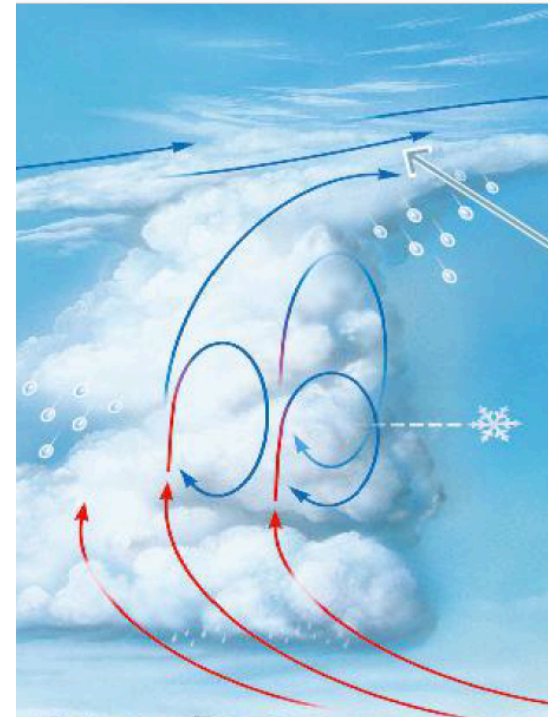
Le precipitazioni

Le **precipitazioni** consistono in tutte le forme in cui l'acqua liquida o solida cade al suolo (pioggia, neve o grandine).

All'interno di una nube le correnti d'aria trasportano le goccioline facendole collidere tra loro. A ogni collisione si forma una goccia di maggiori dimensioni finché la sua massa è tale da non riuscire più a restare sospesa in aria. A quel punto precipita come **pioggia** o **neve** se la temperatura al suolo è inferiore a 0 °C.

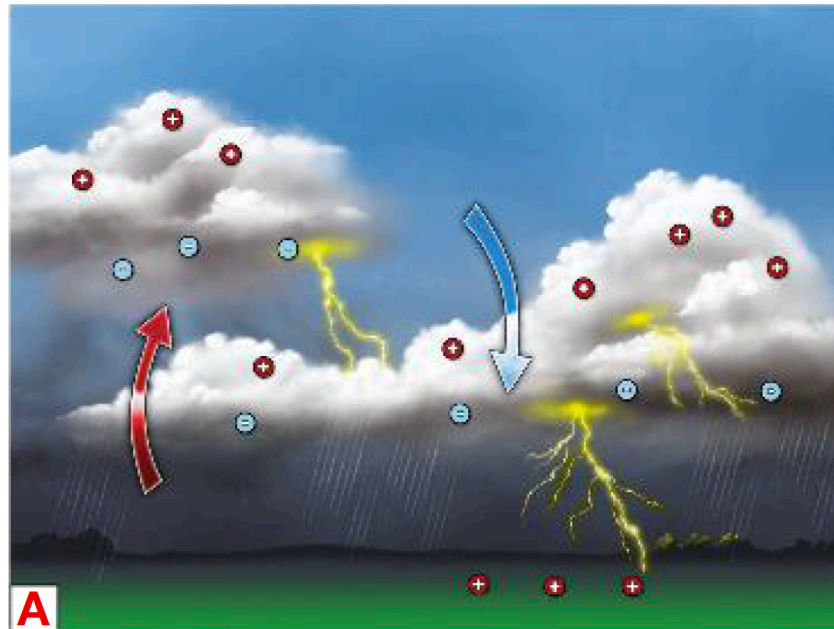
Le precipitazioni

Nei cumulonembi le gocce d'acqua possono raggiungere quote molto elevate. Qui congelano e poi ricadono alla base della nube, per poi risalire e scendere più volte. Si formano così grani di ghiaccio concentrici sempre più spessi che, raggiunta una certa massa, cadono al suolo. Si forma così la **grandine**.



Le precipitazioni

Il **temporale** è un fenomeno che indica una notevole instabilità delle condizioni atmosferiche. È accompagnato per lo più da fulmini, vento e pioggia e ha durata media di un'ora.



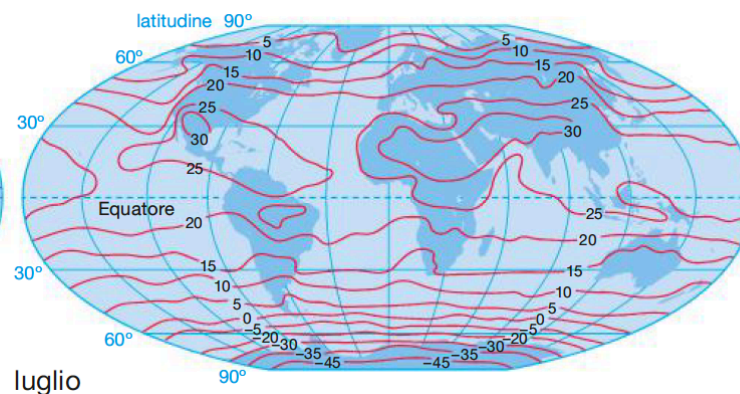
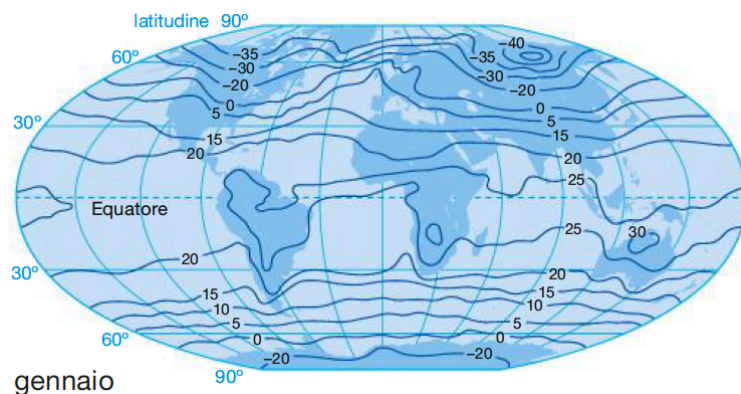
Le precipitazioni

Lo spostamento d'aria che si verifica al passaggio della scarica elettrica genera il boato del **tuono**.

I movimenti delle masse d'aria nei cumulonembi elettrizzano le particelle sospese. Si generano quindi differenze di potenziale nella nube o tra la nube e il suolo. In tali condizioni si assiste a scariche elettriche dette **fulmini**, la cui luminosità è dovuta all'incandescenza delle molecole dell'aria che sono ionizzate.

Come varia la temperatura nella troposfera

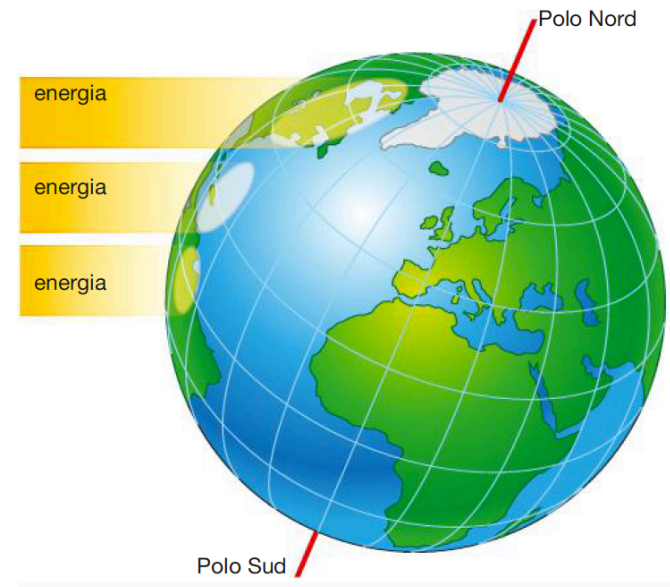
La **temperatura dell'aria** a livello del mare si rappresenta su carte geografiche nelle quali lungo la stessa linea, detta **isoterma**, si incontrano tutti i punti alla medesima temperatura.



Come varia la temperatura nella troposfera

La temperatura dell'aria dipende principalmente da:

- **altitudine**, la temperatura diminuisce allontanandosi dal suolo
- **latitudine**, la temperatura aumenta avvicinandosi all'equatore. L'inclinazione dei raggi solari diminuisce ed è maggiore l'energia trasferita a ogni metro quadrato di terreno



Come varia la temperatura nella troposfera

- **mese dell'anno**, in estate il Sole culmina ad altezze maggiori che in inverno
- **ora del giorno**, poiché alla culminazione, la radiazione è meno inclinata che nel resto del giorno
- **vicinanza al mare o a grandi laghi**, le temperature sono più miti per l'elevato calore specifico dell'acqua (che richiede più energia per essere riscaldata rispetto alla roccia ma si raffredda più lentamente).

La pressione atmosferica

Torricelli dimostrò che l'aria esercita una certa pressione sulla superficie terrestre.

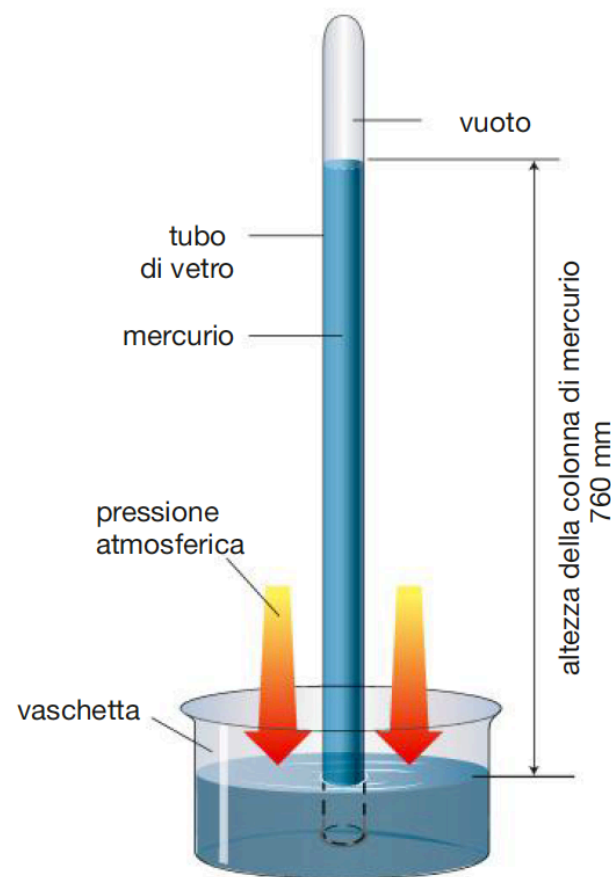
Elaborò un modo semplice per misurarla basato su:

- un tubo di vetro di sezione di 1 cm^2 e lungo 1 m riempito di mercurio, chiuso da una sola parte
- una vaschetta sottostante contenente mercurio.

La pressione atmosferica

Il tubo capovolto non si svuota completamente, perché sulla superficie del mercurio della vaschetta agisce una forza che equilibra il peso del mercurio ancora contenuto nel tubo.

Tale forza è dovuta all'aria esterna. Si tratta cioè della pressione atmosferica.



La pressione atmosferica

Per la pressione esistono diverse unità di misura:

- il millimetro di mercurio (mmHg) = 1 torr
- l'atmosfera (atm) $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$
- l'ettopascal (hPa) o millibar (mbar) tra loro equivalenti.

La pressione atmosferica al livello del mare è uguale a quella esercitata da una colonna di mercurio alta **760 mm**:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg (o torr)} = 1013,25 \text{ hPa} = 1013,25 \text{ mbar}$$

A pressioni diverse, il livello si innalza o si abbassa.

La pressione atmosferica

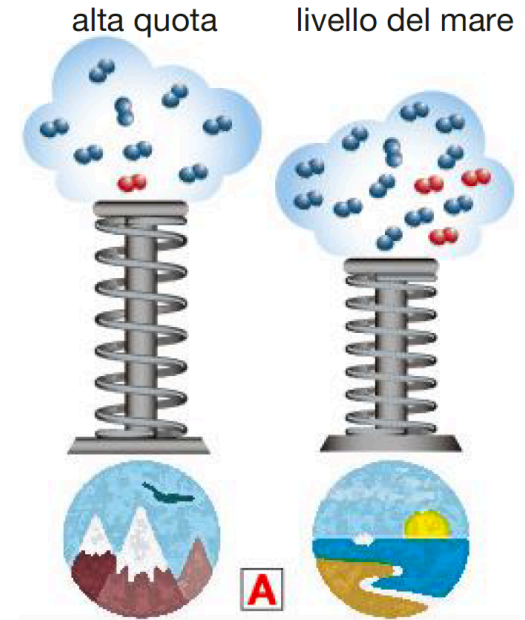
La pressione atmosferica dipende da:

- altitudine
- temperatura
- umidità

Altitudine

Al crescere dell'altitudine diminuisce il peso dell'aria sovrastante e quindi la pressione diminuisce.

La variazione di pressione con la quota è detta **gradiente barico verticale**.



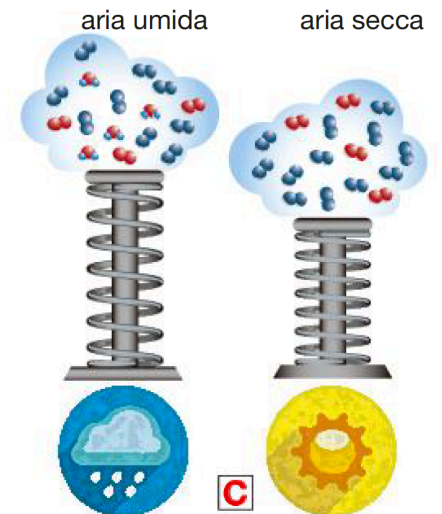
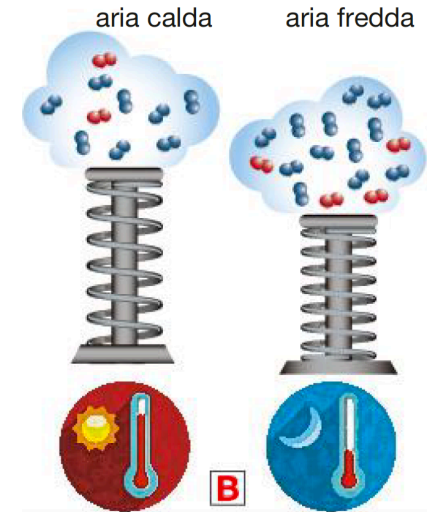
La pressione atmosferica

Temperatura

All'aumentare della temperatura, l'aria si dilata e diventa più rarefatta: la pressione cala.

Umidità

Le molecole d'acqua sono più leggere di quelle di azoto e ossigeno, quindi l'aria umida è più leggera dell'aria secca alla stessa temperatura. Aria ricca di vapore acqueo esercita perciò una pressione minore rispetto all'aria secca.



La pressione atmosferica

L'**isobara** è una linea sulla carta geografica che unisce i punti di uguale pressione atmosferica a livello del mare.

Le isobare sono curve che si chiudono intorno ad aree indicate con le lettere A (alta pressione) e B (bassa pressione).

A ogni linea è associato un valore di pressione. La variazione di pressione da un punto a un altro al livello del mare è detta **gradiente barico orizzontale**.

I venti

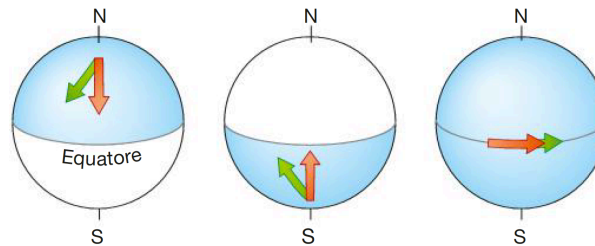
I **venti** sono masse d'aria che si spostano da zone di alta pressione verso zone di bassa pressione (in accordo con le leggi dei gas).

Il vento è tanto più intenso quanto più elevata è la variazione di pressione da un punto ad un altro.

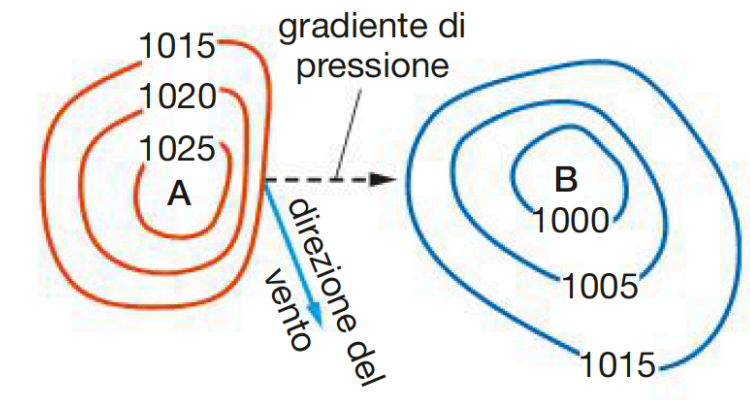
Per la **legge di Ferrel** ogni corpo che si muove liberamente sulla superficie della Terra subisce uno spostamento verso destra nell'emisfero Nord e verso sinistra nell'emisfero Sud, come se fosse spinto da forze esterne (**forze di Coriolis**).

I venti

La conseguenza è che i venti nell'emisfero Nord sono deviati a destra, mentre nell'emisfero Sud a sinistra.



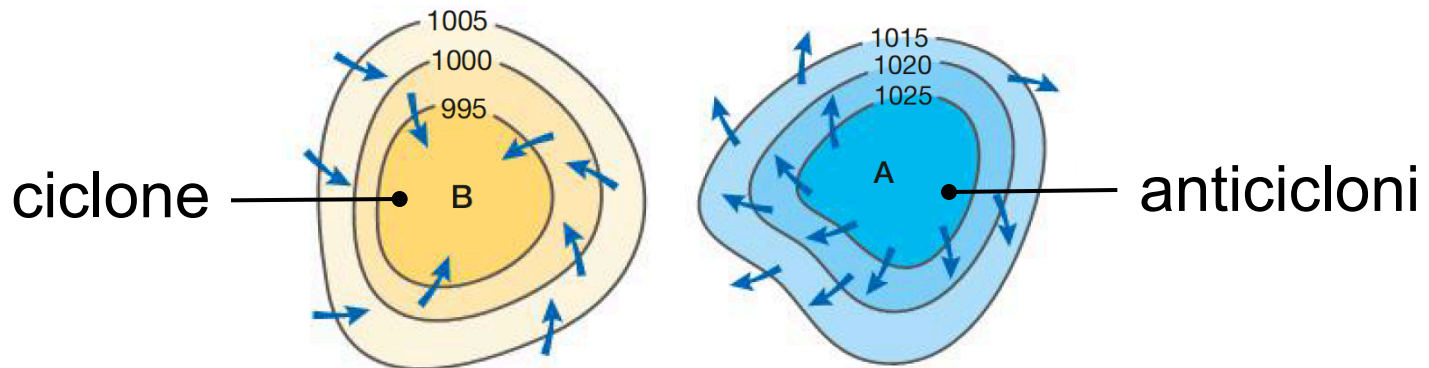
Sulle **carte del tempo** la **direzione del vento** si ricava a partire dal gradiente di pressione, tenendo conto della deviazione legata all'emisfero in cui ci si trova.



I venti

Le frecce che entrano nell'area di bassa pressione mostrano che i venti, grazie alle forze di Coriolis, formano un vortice molto esteso detto **ciclone**.

Le frecce che escono invece dall'area di alta pressione denotano aree relativamente calme dette **anticicloni**.



I venti

Le **brezze** sono **venti locali** dovuti a differenze di pressione atmosferica tra aree adiacenti di ridotta estensione.

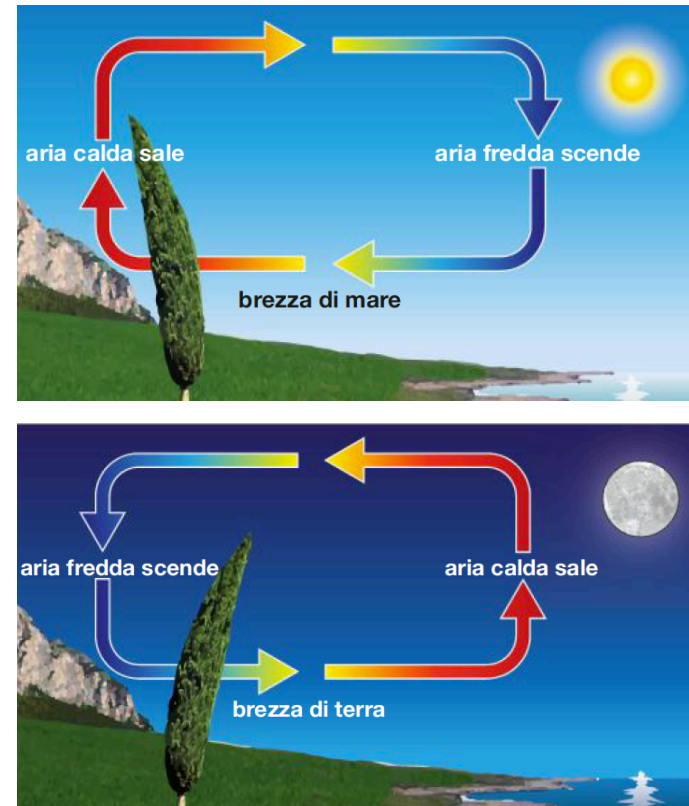
Ve ne sono di due tipi:

- di mare e di terra
- di valle e di monte

I venti

Brezza di mare e di terra

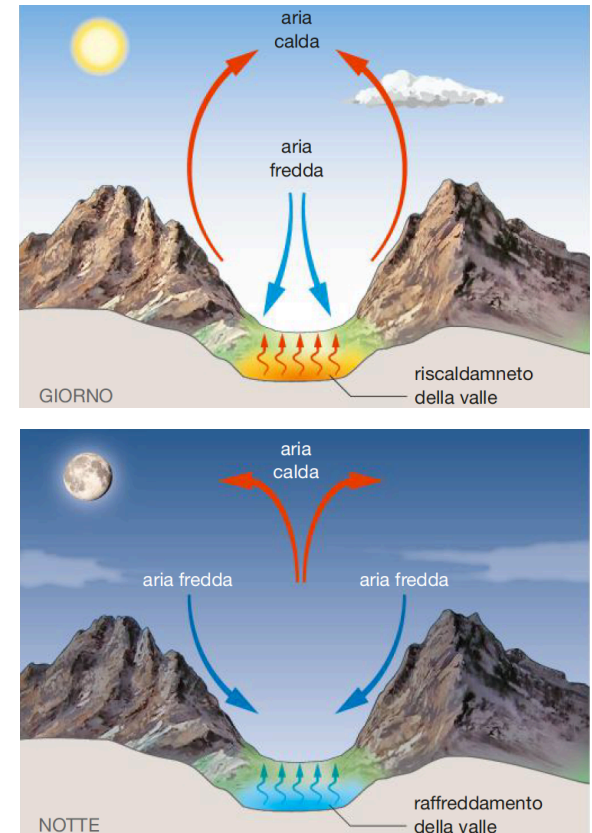
Il Sole irraggia la terra ferma e il mare, ma l'acqua raggiunge temperature minori per il suo elevato calore specifico. L'aria sopra la terra ferma, più calda, sale e diviene più rarefatta generando un vento che spira dal mare verso terra. Durante la notte la situazione si inverte.



I venti

Brezza di valle e di monte

Una situazione analoga si verifica quando le vette dei rilievi esposte al Sole si riscaldano prima del fondovalle. Di conseguenza l'aria calda lungo il versante del rilievo si espande e sale. Anche in questo caso, durante la notte il flusso d'aria si inverte.



I venti

I **monsoni** sono **venti periodici** che interessano la regione che si affaccia sull'Oceano Indiano e sul Pacifico.

Nei mesi invernali spirano dal continente asiatico, più freddo e secco, verso l'Oceano Indiano più caldo e umido.

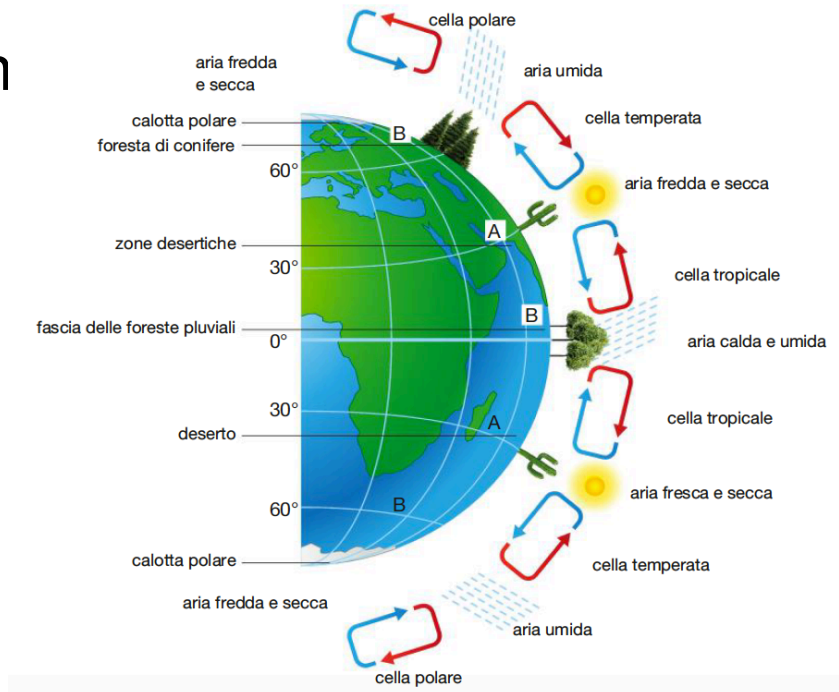
Durante l'estate è l'opposto, i venti sono carichi di umidità e si ha la stagione delle piogge.

La circolazione atmosferica generale

Il motore della **circolazione atmosferica** è il calore del sole nelle zone equatoriali e tropicali.

È divisa in sei grandi fasce in cui si verifica una tipica circolazione dell'aria detta **celle convettive**.

In base alla latitudine si distinguono celle polari, temperate e tropicali.



La circolazione atmosferica generale

In ogni cella:

- nelle zone di bassa pressione l'aria fluisce verso l'alto
- nelle zone di alta pressione l'aria fluisce verso il basso
- i venti a bassa quota spirano dalle alte alle basse pressioni, deviati in base all'emisfero di appartenenza
- ad alta quota la circolazione è invertita.

La circolazione atmosferica generale

I **venti costanti** sono:

- gli **alisei**, da Nord-Est nell'emisfero boreale e da sud-Est nell'emisfero australe
- i **venti occidentali**, nelle medie latitudini, da Sud-Ovest nell'emisfero boreale, da Nord-Ovest nell'emisfero australe
- i **venti orientali polari**: da Nord-Est nell'emisfero boreale e da sud-Est nell'emisfero australe.

La circolazione atmosferica generale

Le **correnti a getto** sono due flussi d'aria continui e sottili che scorrono tra due celle convettive viaggiando ad alta velocità da Ovest a Est nelle regioni polari e tropicali.

Hanno andamento regolare e ondulato in relazione con le variazioni di pressione negli strati sottostanti.



La circolazione atmosferica generale

Alle medie latitudini l'aria calda e umida che proviene dalle regioni tropicali entra in contatto con l'aria fredda e secca di origine polare. A causa delle loro diverse densità restano separate per un certo tempo, fluendo verso l'alto lungo il **fronte polare**.

Il brusco raffreddamento dell'aria tropicale provoca la condensazione del vapore acqueo con formazione di nubi e precipitazioni.

Fenomeni meteorologici estremi

I **fenomeni meteorologici estremi** sono rari per frequenza, intensità o durata.

Un **tornado** è una colonna d'aria che ruota vorticosamente dalla base di una nube spessa e scura (cumulonembo) sino al suolo.

Si forma a causa di forti differenze di temperatura e umidità fra il suolo e le altre quote e sono difficili da prevedere.

Quando i vortici d'aria si formano sopra il mare prendono il nome di **trombe marine**.

Fenomeni meteorologici estremi

Un **ciclone tropicale** (anche detto uragano o tifone) è un immenso vortice di venti, nubi e tempeste che spazzano gli oceani e talvolta si abbattono sulle coste.

Si origina dove il mare è caldo e l'aria che lo sovrasta si innalza raffreddandosi e condensando il vapore in nubi. Se la temperatura dell'aria si abbassa rapidamente, si generano venti forti e vorticosi.

Le nubi assumono uno sviluppo verticale e ruotano attorno a un centro detto **occhio del ciclone**. Possono essere molto distruttivi e interessare aree vaste.

Il clima

Gli **elementi climatici** sono le caratteristiche che concorrono a definire il clima.

Sono misurati con **stazioni di rilevamento** collocate sulla superficie terrestre e a bordo dei satelliti meteorologici.

Parametro	Unità di misura	Strumento di misura
Temperatura	grado centigrado (°C)	Termometro
Pressione	ettopascal (millibar)	Barometro
Umidità relativa	percentuale (%)	Igrometro
Entità delle precipitazioni	millimetri (mm) di pioggia	Pluviometro
Vento, direzione (rispetto ai punti cardinali) e intensità	nodo	Anemometro
Nuvolosità	okta (ottavi del cielo coperti da nubi, gradi da 0 a 9)	Osservazione dello stato del cielo

Dai valori registrati di continuo si ricavano dati statistici.

Il clima

- **massimo**, il massimo valore registrato in un certo periodo (giorno, mese, anno)
- **minimo**, il minimo valore registrato in un certo periodo (giorno, mese, anno)
- **valore medio** (giornaliero, mensile, annuo): la media aritmetica dei valori in un certo intervallo di tempo
- **escursione termica** (giornaliera, mensile o annua), la differenza di temperatura fra i valori massimo e minimo
- **regime stagionale delle piogge**, l'andamento delle piogge che evidenzia la loro distribuzione nei vari mesi dell'anno.

Il clima

Gli elementi del clima sono influenzati dalle caratteristiche naturali dei territori nei quali sono misurati, dette **fattori climatici**.

Latitudine: al variare della distanza dall'Equatore aumenta l'inclinazione della radiazione solare, pertanto l'irraggiamento medio della superficie terrestre diminuisce.

Altitudine: con l'aumento della quota la temperatura dell'aria diminuisce.

Mare e grandi laghi: le masse d'acqua mitigano il clima per l'elevata capacità termica dell'acqua.

Il clima

Correnti marine: i flussi d'acqua riscaldano o raffreddano l'atmosfera circostante.

Catene montuose: i rilievi influenzano la circolazione atmosferica generando venti locali.

Effetto serra: l'aumento della quantità di gas serra fa aumentare la temperatura media.

Irraggiamento solare: l'energia luminosa trasmessa dal Sole riscalda il suolo, che a sua volta riscalda l'atmosfera.

Il clima

I **modelli climatici** sono sistemi di equazioni matematiche elaborati sulla base delle grandezze fisiche rilevate.

Permettono di stimare con metodi statistici i cambiamenti nello stato fisico dell'atmosfera ed eseguire previsioni sul clima futuro.

Il clima

Il **sistema climatico** è costituito da atmosfera, idrosfera, biosfera, litosfera e criosfera.

Il sistema climatico è un **sistema chiuso** in quanto non può scambiare materia con l'esterno, ma solo energia che riceve dal Sole e riemette verso lo spazio (**effetto albedo**).

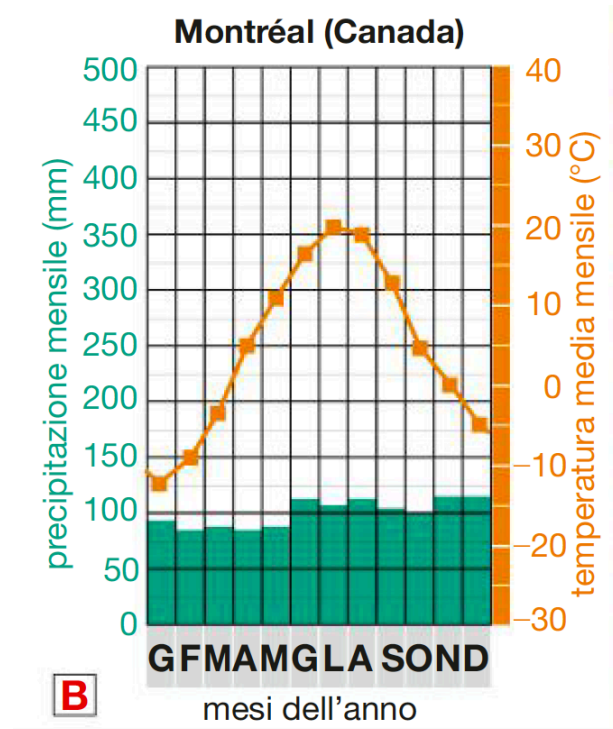
C'è un meccanismo di **retroazione** o **feedback**: ogni cambiamento che si verifica in un sottoinsieme del sistema genera conseguenze su tutti gli altri e su se stesso.

Individuare i climi della Terra

Si considerano le **temperature** e le **precipitazioni** come elementi per individuare i diversi climi sulla Terra.

I loro valori sono riportati nei **climatogrammi**, costituiti da due grafici sovrapposti:

- uno esprime l'andamento delle temperature medie mensili nel corso dell'anno
- l'altro è un diagramma a barre che evidenzia l'andamento delle precipitazioni.



Individuare i climi della Terra

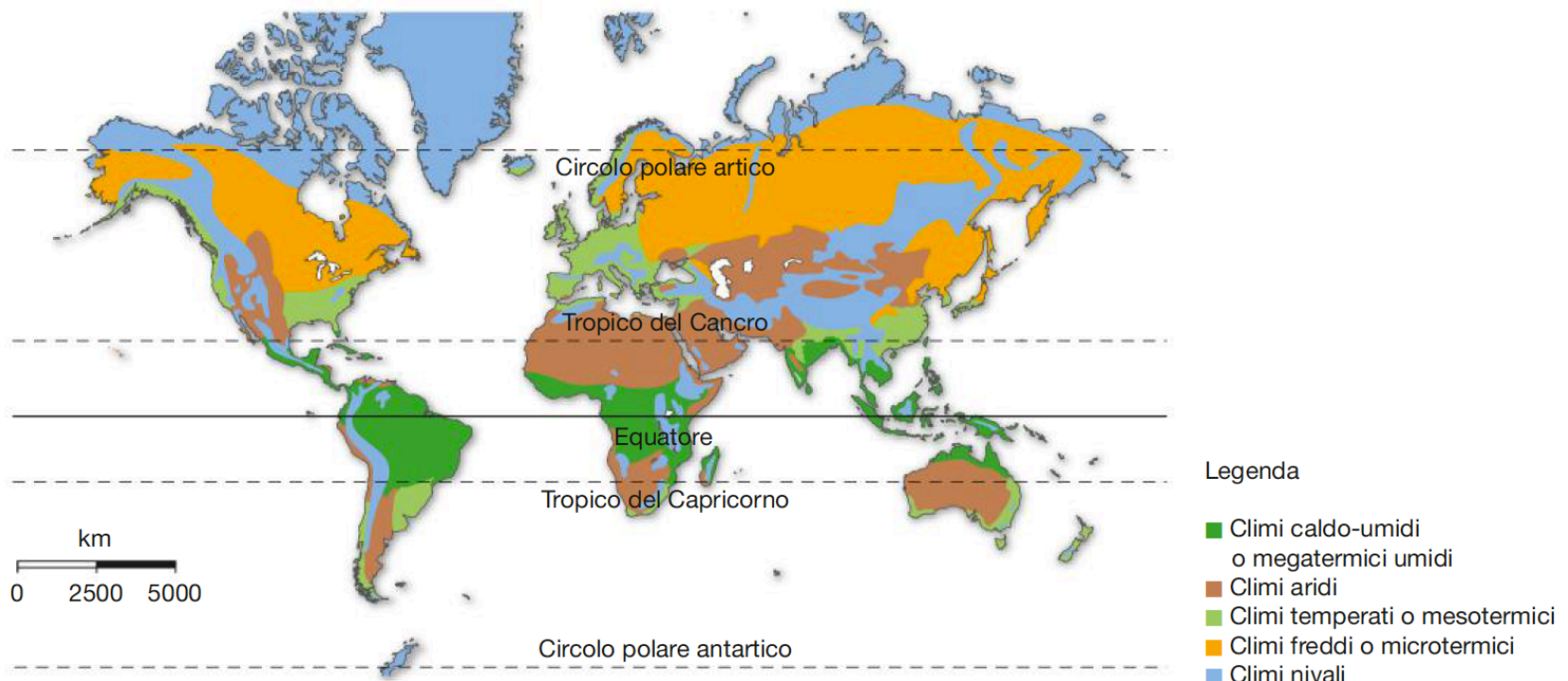
Un **bioma** è un ecosistema che corrisponde a una grande area geografica, con un particolare clima e una vegetazione caratteristica.

Cioè un bioma è una suddivisione della biosfera caratterizzata da un proprio clima.

La **classificazione di Koppen** è una suddivisione dei climi sulla base dell'andamento delle temperature, delle piogge e del tipo prevalente di vegetazione caratteristica.

Individuare i climi della Terra

Si individuano cinque **gruppi climatici** simmetrici nei due emisferi.



Individuare i climi della Terra

1. **Climi caldo-umidi**: temperature superiori a 15 °C e precipitazioni abbondanti; è assente la stagione invernale.
2. **Climi aridi**: precipitazioni scarse e insufficienti per compensare l'evaporazione.
3. **Climi temperati**: le temperature medie invernali comprese tra 2-15 °C; si alternano una stagione invernale e una estiva.

Individuare i climi della Terra

4. **Climi freddi**: la temperatura del mese più freddo scende sotto 0 °C, ma in estate almeno per un mese supera i 10 °C.
5. **Climi nivali**: le temperature medie nel mese più caldo non oltrepassano i 10 °C ; le precipitazioni sono scarse e di tipo nevoso.

La classificazione dei climi globali

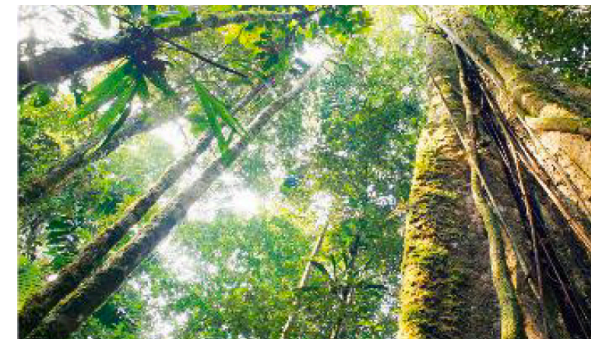
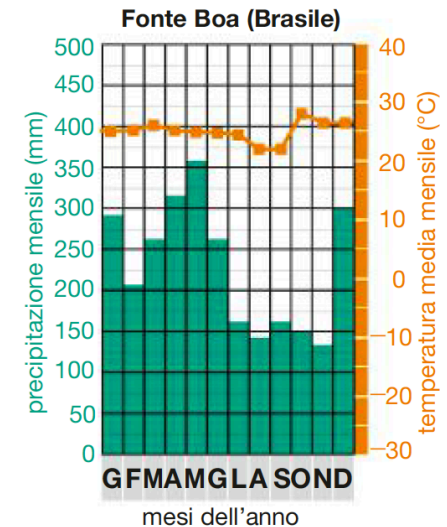
1. Climi caldo-umidi

- **Clima equatoriale**

Minime escursioni termiche e in pratica c'è una sola stagione calda e piovosa.

La vegetazione è ricca e rigogliosa con piante sempreverdi.

Il bioma caratteristico è la **foresta pluviale**.



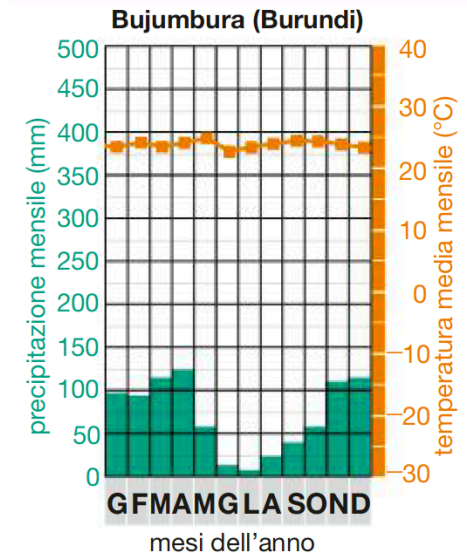
La classificazione dei climi globali

1. Climi caldo-umidi

- **Clima della savana**

Diminuisce l'umidità, aumentano le escursioni termiche e si differenziano due stagioni: una secca e una umida in cui si concentrano le piogge.

Dove la piovosità è elevata la vegetazione si sviluppa lungo i corsi d'acqua, formando **foreste a galleria** che vanno a sfumare nella **savana**.



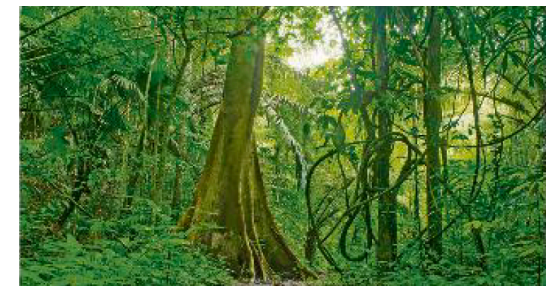
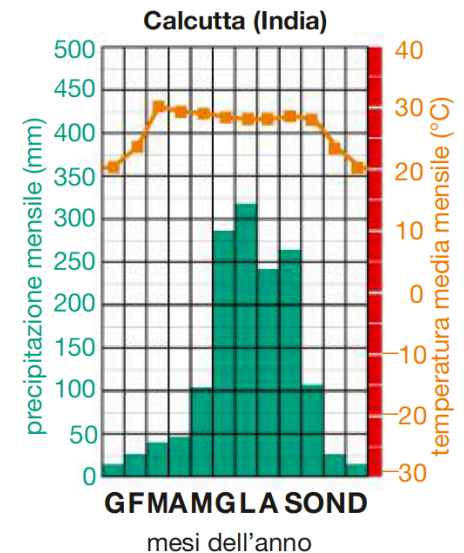
La classificazione dei climi globali

1. Climi caldo-umidi

- **Clima monsonico**

Riguarda i territori attraversati dai monsoni, che determinano la presenza di una stagione secca e una fortemente piovosa.

La vegetazione caratteristica è la **giungla**, una foresta rigogliosa simile a quella pluviale, ma con alberi che perdono le foglie durante la stagione secca.



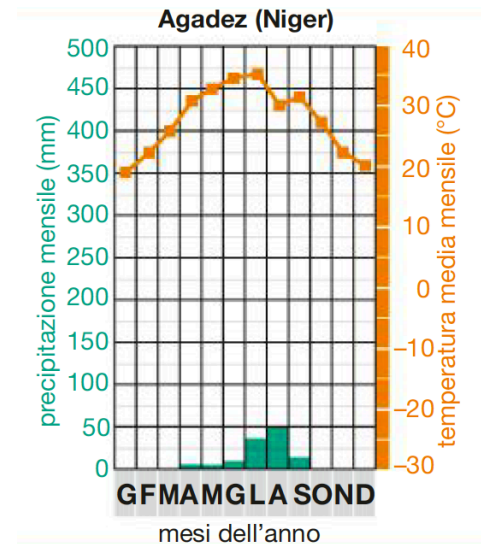
La classificazione dei climi globali

2. Climi aridi

- **Clima desertico caldo**

La temperatura non scende mai sotto i 6 °C e le piogge sono assenti anche per diversi anni.

Spesso la vegetazione è assente e le uniche piante in grado di sopravvivere sono quelle capaci di immagazzinare l'umidità dell'aria.



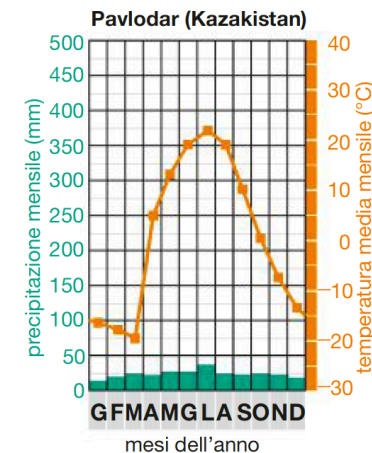
La classificazione dei climi globali

2. Climi aridi

- **Clima desertico freddo**

La piovosità è scarsa, ma le temperature scendono sotto i 6 °C.

Soltanto poche piante erbacee sopravvivono.



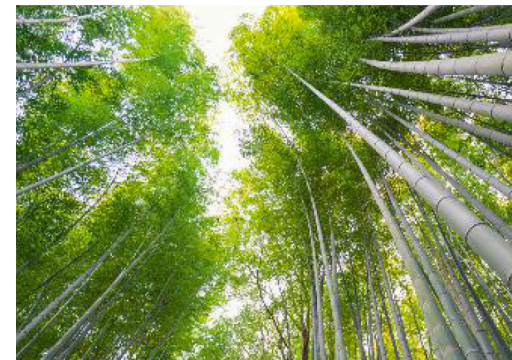
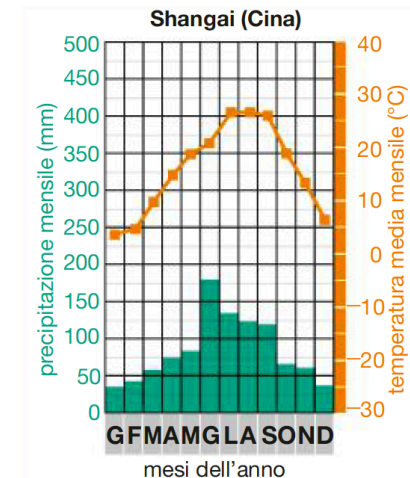
La classificazione dei climi globali

3. Climi temperati

- **Clima sinico**

Le precipitazioni sono abbondanti e concentrate in estate, gli inverni freschi.

La vegetazione è sempreverde (magnolie, bambù, palme).



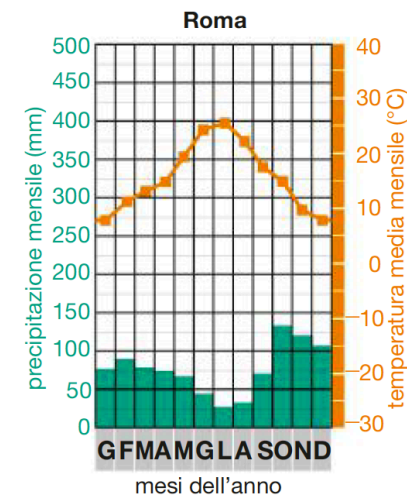
La classificazione dei climi globali

3. Climi temperati

- **Clima mediterraneo**

Ha estati calde e asciutte e inverni tiepidi e umidi.

Il bioma caratteristico è la **macchia mediterranea**.



La classificazione dei climi globali

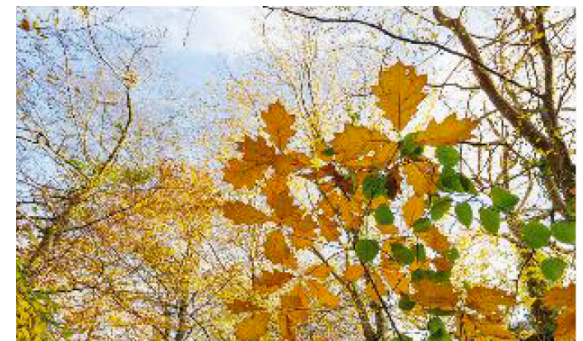
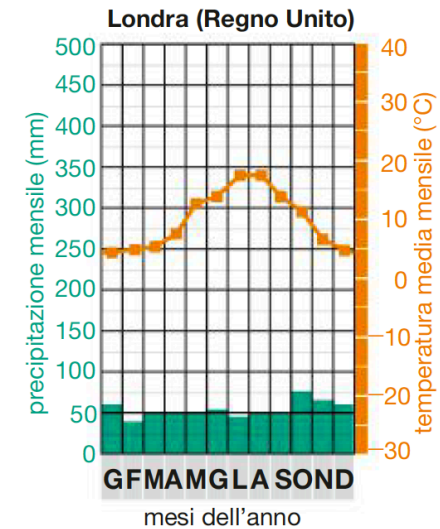
3. Climi temperati

- **Clima temperato fresco**

Si distingue in:

- **oceanico**, con abbondanti precipitazioni per tutto l'anno, inverni miti e estati fresche

- **continentale**, con piogge concentrate nella stagione invernale e ampie escursioni termiche annuali. Le **foreste di latifoglie** nel periodo invernale perdono le foglie

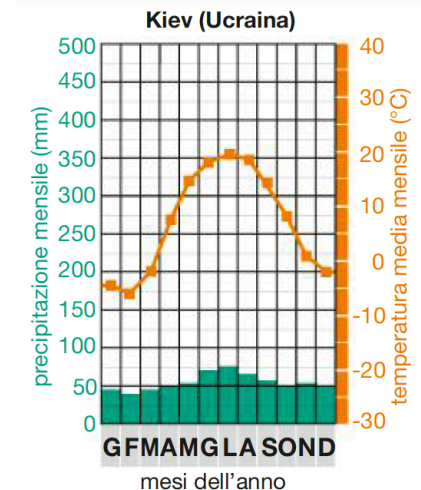


La classificazione dei climi globali

4. Climi freddi

- **Clima freddo con estate calda**

In estate la temperatura media è di 22 °C, le piogge sono distribuite tutto l'anno e i biomi caratteristiche sono la foresta di latifoglie e, dove le piogge scarseggiano, la **prateria o steppa**.



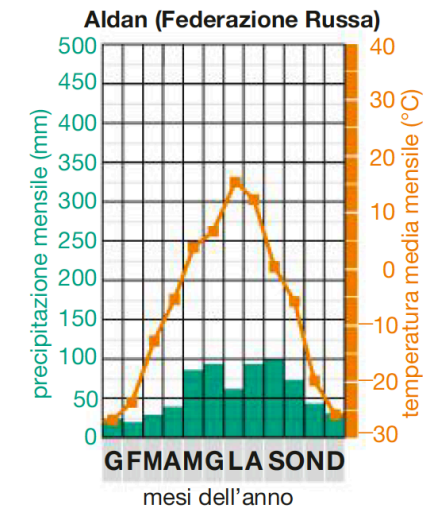
La classificazione dei climi globali

4. Climi freddi

- **Clima freddo con inverno lungo**

Le precipitazioni sono scarse, con pioggia nei mesi estivi e neve in inverno.

Il suolo è ghiacciato per lungo tempo perciò la vegetazione caratteristica è la **foresta di aghifoglie o taiga**.



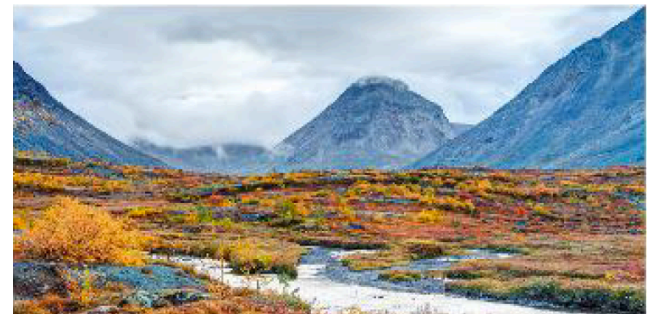
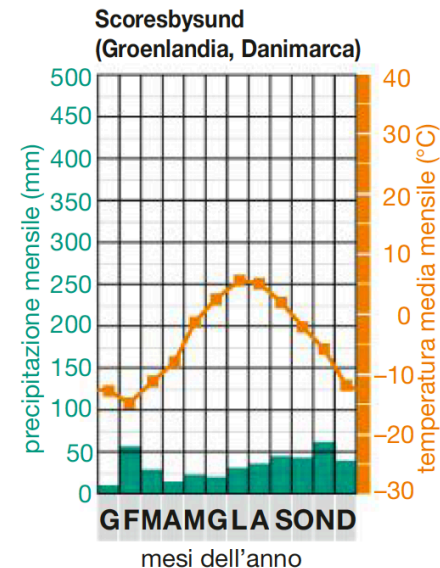
La classificazione dei climi globali

5. Climi nivali

- **Clima subpolare**

Caratterizzato da una breve estate durante la quale si scongela lo strato superiore del suolo, mentre quello più profondo forma il **permafrost**, perennemente ghiacciato.

Il bioma tipico è la **tundra**.



La classificazione dei climi globali

5. Climi nivali

- **Clima polare**

Il territorio è perennemente ricoperto dai ghiacci e nessuna vegetazione può sopravvivere.

