

ECOSISTEMI NATURALI TERRESTRI E CICLO DELL'ACQUA

**A cura di
Francesco SARTORI**

Oss. Rom. 8 febb 2024

Ciclo dell'acqua

Insieme dei fenomeni legati all'acqua nel suo naturale movimento sulla superficie terrestre e nell'atmosfera

Leonardo da Vinci:

".....si può concludere come l'acqua vada dai fiumi al mare e dal mare ai fiumi, quindi costantemente circolando e tornando"

Leonardo riconosce il meccanismo mare-nuvole-piogge, ma ritiene che le sorgenti dalle montagne vengono dalla risalita delle acque di mare entro le montagne (come negli alambicchi)

Ciclo dell'acqua

Isaia 765 - ... a.C.

***Egli [Dio] attrae in alto le gocce dell'acqua
e scioglie in pioggia i suoi vapori,
che le nubi riversano sull'uomo in grande quantità***

(Is 55 26,27)

***Come infatti la pioggia e la neve
scendono dal cielo e non vi ritornano
senza avere irrigato la terra,
senza averla fecondata e fatta germogliare,
perché dia il seme al seminatore e pane da mangiare ... (Is 55 10-11)***

***Siccome il profeta non parla solo agli eruditi, ma si rivolge anche al popolo, tale
esempio doveva essere ben **chiaro** nei suoi ascoltatori.***

Siamo nel 700 a. C. !

Michelangelo, *Cappella
Sistina - Isaia*



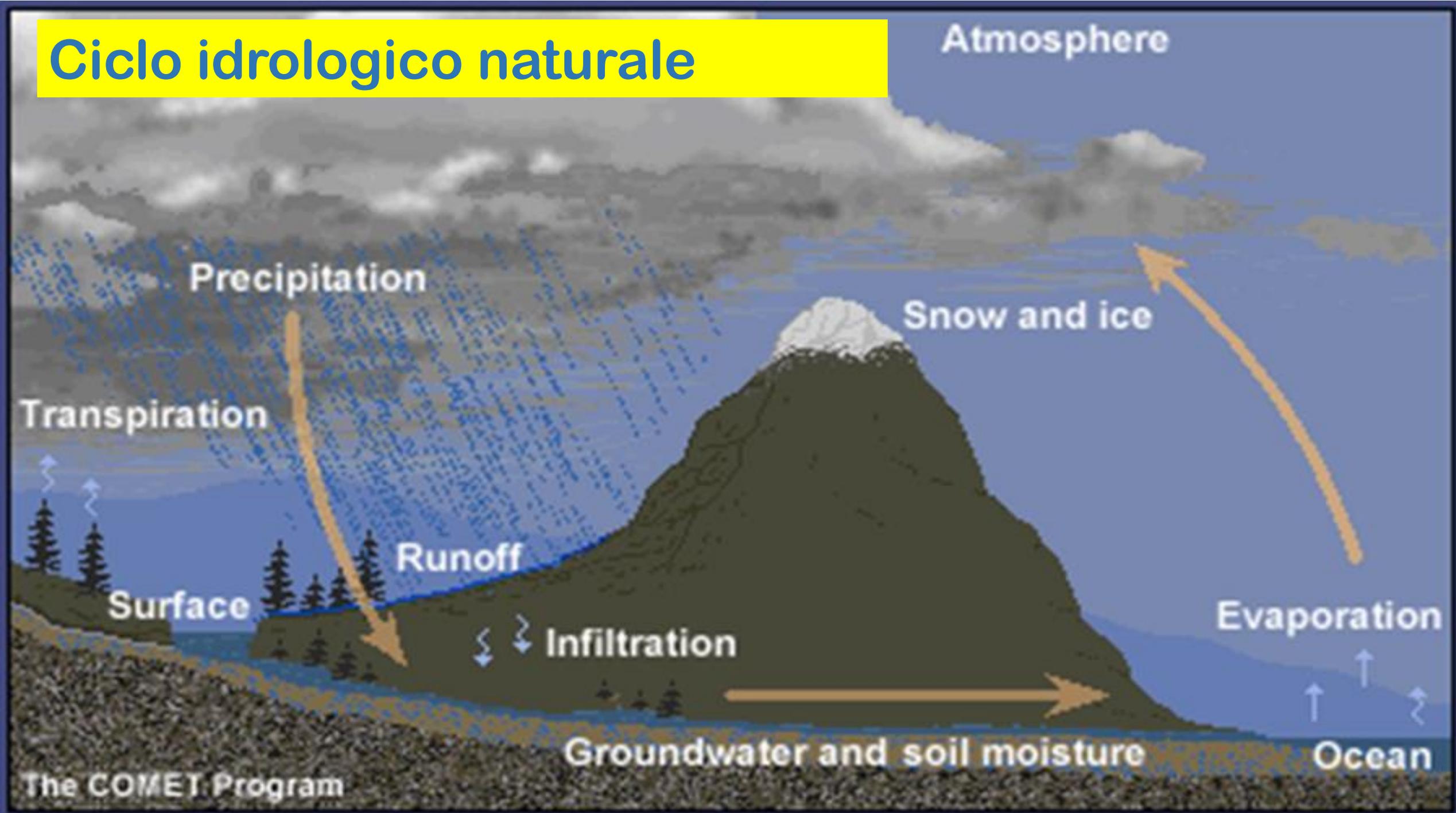
Ciclo dell'acqua

Palissy (1510-1589) afferma che fiumi e sorgenti hanno origine dalle precipitazioni e non dal mare



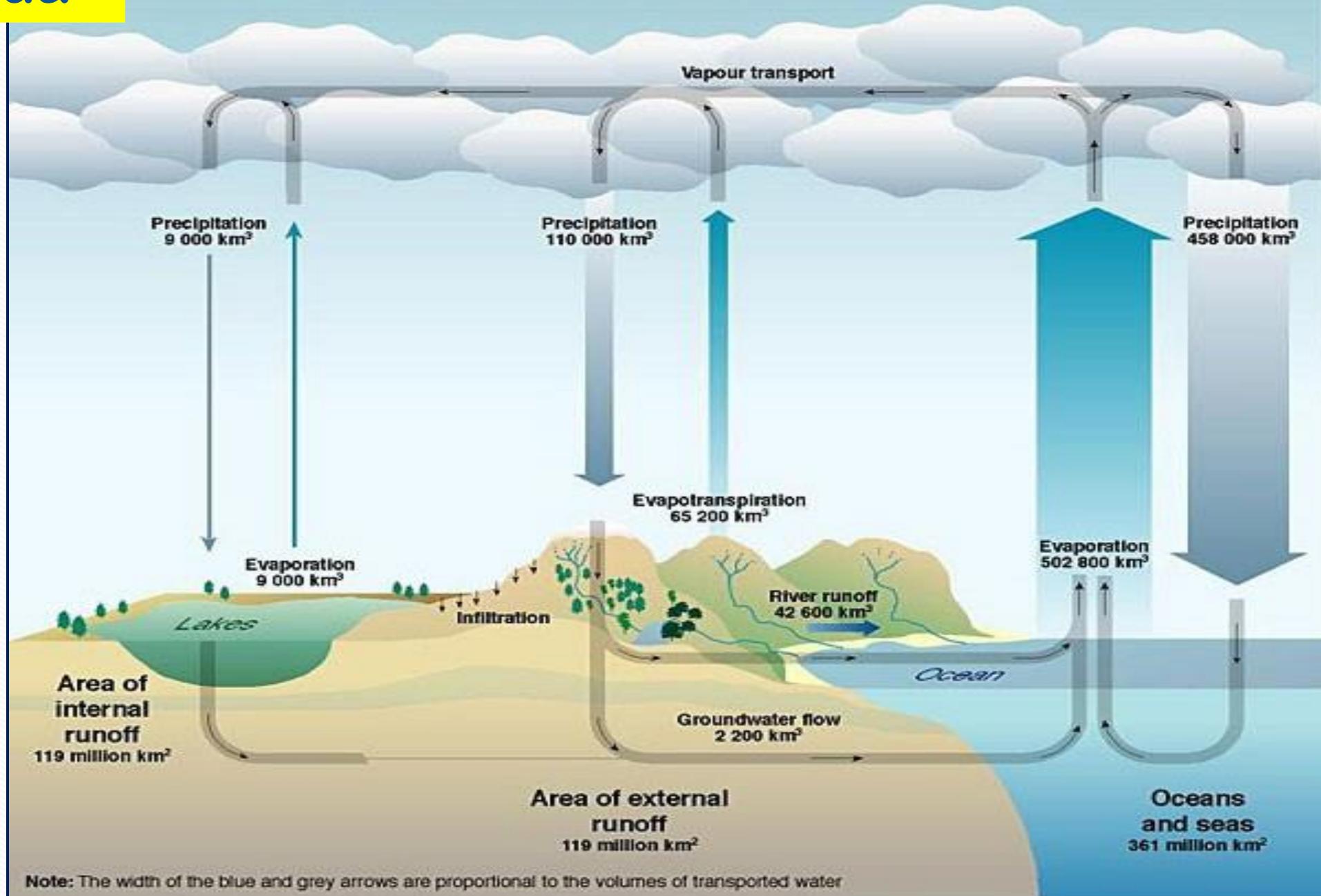
Perrault (1608-1680): le piogge provocano il deflusso superficiale e sotterraneo delle acque generando le sorgenti

Ciclo idrologico naturale



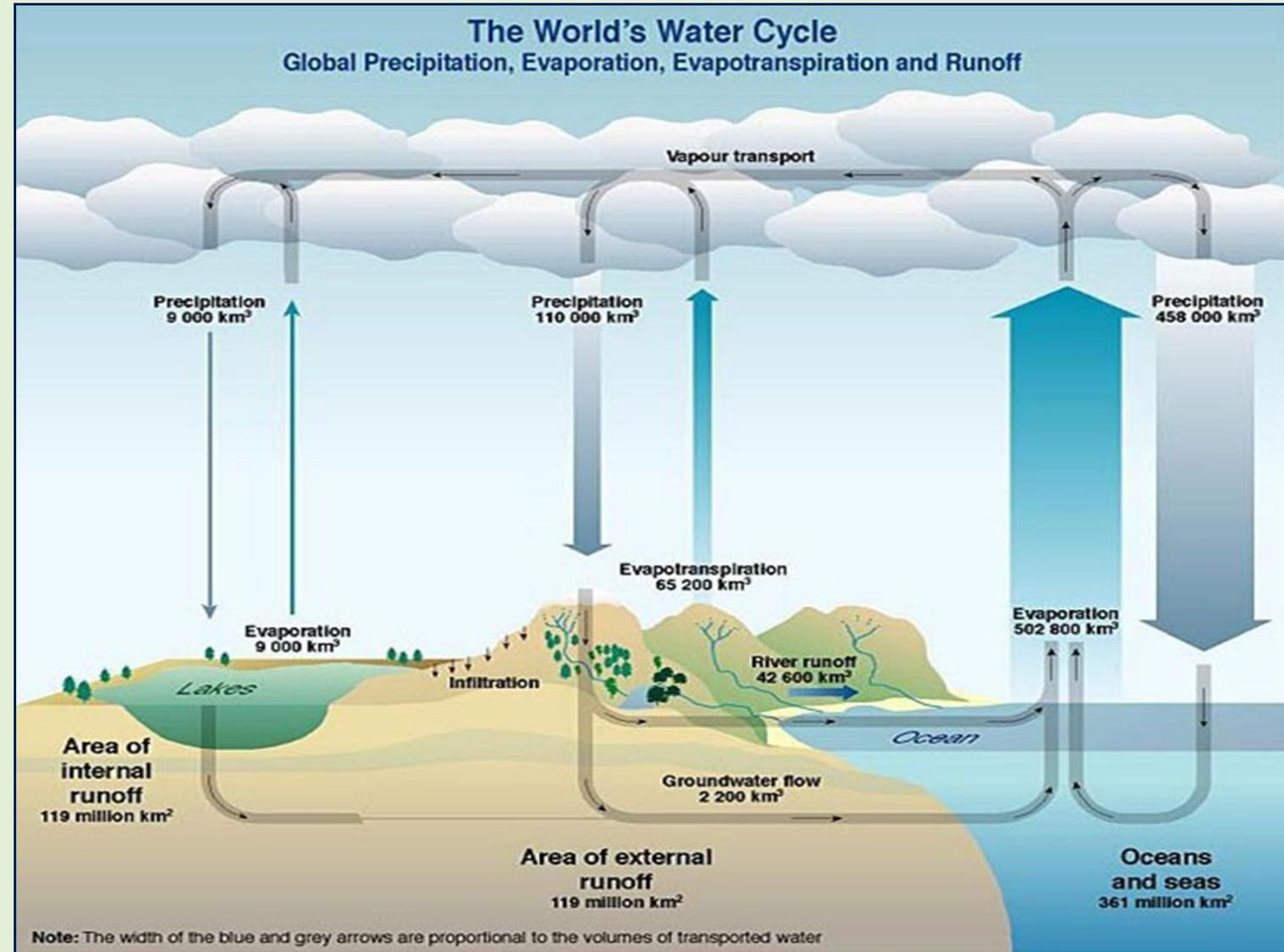
Ciclo dell'acqua

The World's Water Cycle Global Precipitation, Evaporation, Evapotranspiration and Runoff



Ciclo acqua mette in comunicazione: atmosfera, terre emerse, mari e oceani.

Ad ogni ciclo l'acqua subisce cambiamenti di stato: da vapore a liquido o solido e nuovamente a vapore

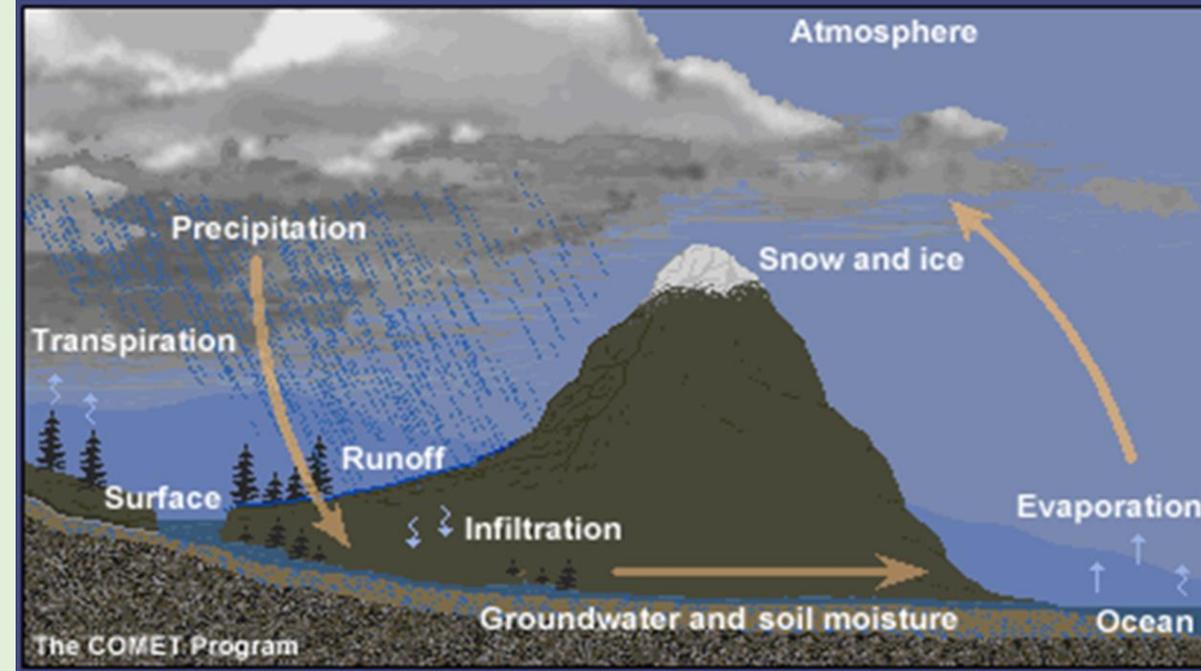


Acqua in tre fasi

Solida

Liquida

Gassosa



Tipo di moto:

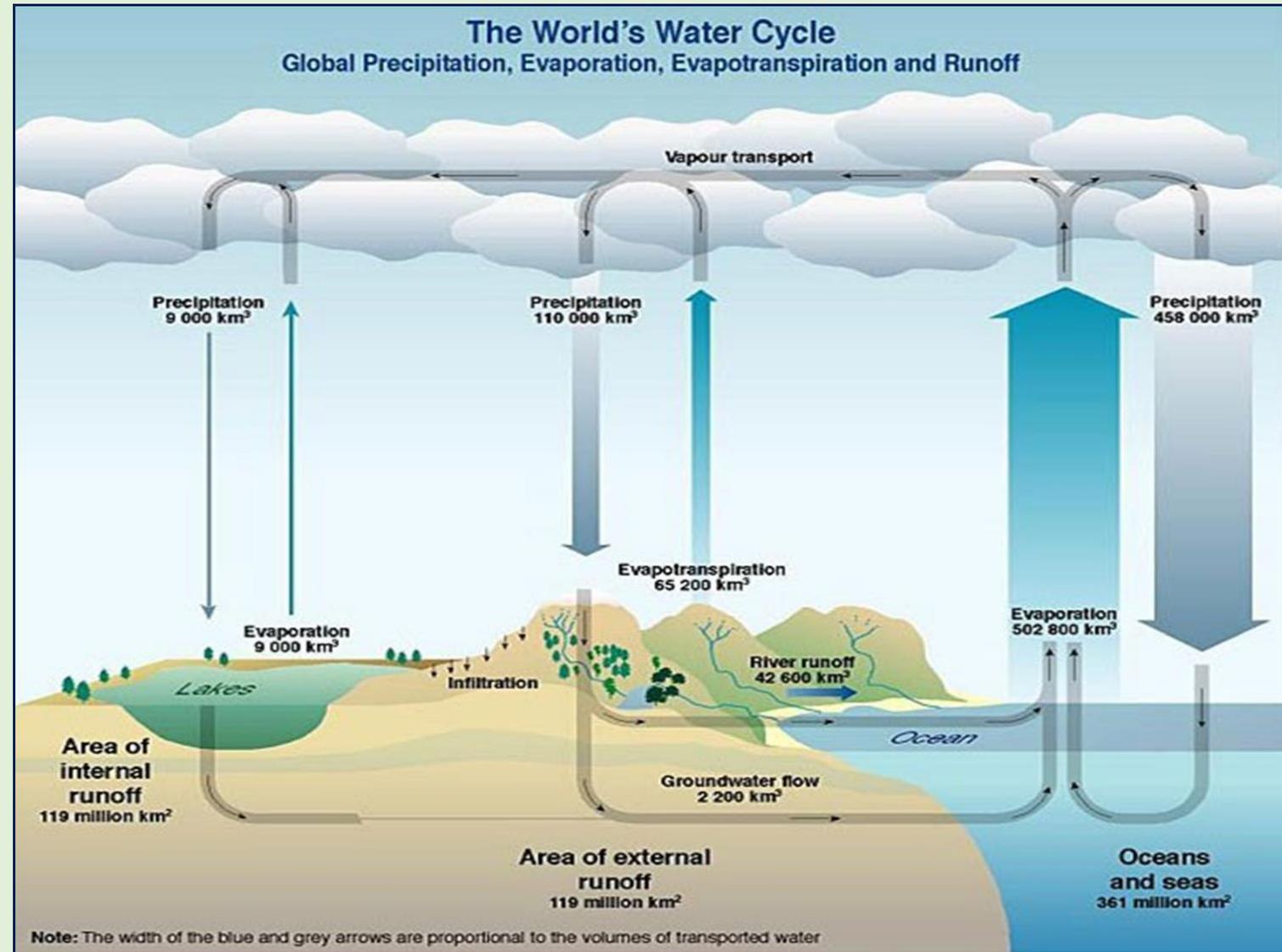
Discendente

Ascendente

Sub-orizzontale

Formazione e il trasporto del vapore sono attivati dall'energia solare.

Deflussi, a partire dalle precipitazioni, sono attivati dalla forza di gravità



Processi di **scambio** dovuti a:

- Energia **solare**: evaporazione, evapotraspirazione
- Energia **gravitazionale**: precipitazioni, moti superficiali
- Forze **capillari**: moti nello strato di suolo non saturo
- Processi **biologici**: traspirazione delle piante, scambi tra ambiente e esseri viventi

L'acqua **evapora**, per azione della radiazione solare, a partire da:

- Terreno
- Vegetazione
- Specchi d'acqua

L'acqua è poi **trasportata**, in forma di nubi (vapor d'acqua) dal movimento dell'atmosfera.

Le nubi, in particolari condizioni di temperatura e pressione, tendono a ricondensarsi in forma di goccioline d'acqua o cristalli di ghiaccio **precipitando** al suolo o sugli specchi d'acqua



Nuvole



Precipitazione forte



Grandine



Neve

Precipitazione solida: acqua si accumula sulla superficie fino a quando condizioni di temperatura e radiazione non ne provocano la **fusione o la sublimazione.**



Precipitazione liquida: inizio di un complesso fenomeno che permette ai suoli di trattenere temporaneamente tutta o parte della precipitazione, in ragione:
della natura dei suoli,
della vegetazione presente,
della umidità iniziale e dalle condizioni meteorologiche.

L'acqua **infiltrata** nel suolo, in parte è:

- **assorbita** dalle radici delle piante e rilasciata in atmosfera sotto forma di **traspirazione**,
- **drenata** dal terreno verso valle, se topografia adeguata
- destinata a ricaricare le **falde** sottostanti



L'acqua drenata confluisce nei **bacini fluviali**

L'acqua dei bacini fluviali defluisce verso il mare (non sempre!) ove, ma in tempi lunghi, confluirà anche parte delle acque sotterranee



Risorgiva

Mar morto



Tempo stimato di permanenza dell'acqua nelle risorse idriche terrestri



**L'acqua è la componente
fondamentale del clima insieme alla
temperatura**

Il clima

Stato medio del tempo atmosferico a varie scale spaziali (locale, regionale, nazionale, continentale, emisferico o globale) rilevato nell'arco di almeno 30 anni



Elementi climatici: grandezze fisiche misurabili con opportuna strumentazione da parte delle stazioni meteorologiche (capanne standard di legno colorato di bianco)

Fattori climatici

- **Temperatura**
- **Precipitazioni**
- **Pressione atmosferica (alta, bel tempo; bassa, pioggia)**
- **Intensità e durata della radiazione solare (in funzione della latitudine, della stagione e della durata del giorno)**
- **Umidità**
- **Nuvolosità**
- **Vento (velocità, direzione, raffiche)**

Fattori climatici

Albedo: potere riflettente di una superficie.

- 1 tutta la luce incidente viene riflessa – oggetto bianco
- 0 nessuna frazione di luce viene riflessa – oggetto nero

Effetto serra: gas che permettono l'ingresso della radiazione solare proveniente dalla stella e ostacolano l'uscita della radiazione infrarossa riemessa dalla superficie della Terra

Per definire il clima sono usati i valori medi assunti su un lungo periodo di tempo

Elementi geografici o azionali

Altitudine, salendo in quota

- **Diminuiscono: temperatura (6 gradi C° ogni 1000 m) pressione e umidità,**
- **Aumentano: irraggiamento solare e piovosità (fino a una certa quota)**

Catene montuose

- **costringono i venti ad alzarsi a quote con abbassamento temperatura → condensazione → pioggia**

Fattori zionali

Esposizione solatio/bacio, inclinazione (varia angolo incidenza luce solare);

Mare (riduce escursione termica) e Correnti marine (t°)

Vegetazione (secondo il tipo, clima +/- umido)

Attività umana (modifica gli equilibri degli ecosistemi).

Circolazione generale atmosferica (scambi di calore tra regioni calde e regioni più fredde)

Possibile integrazione climatica

Bioindicatori vegetali e fenologia:

foglie; emissione caduta o persistenza

fiori: comparsa

frutti: maturazione, resa

corologia (geografia) specie es. banano e mango in Sicilia

paleo clima (pollini, resti di animali / vegetali)

anelli di crescita annuale del legno degli alberi

Bioindicatori animali

corologia

migrazioni

Clima sul pianeta Terra

Il clima sul nostro pianeta è variamente distribuito

A scala mondiale si sono tentate diverse sintesi climatiche

La più nota Köppen-Geiger

Sintesi climatiche

Köppen propone 22 tipi di clima (Cl.)

Cl. tropicale
Cl. equatoriale
Cl. subtropicale
Cl. temperato
Cl. temperato
umido
Cl. oceanico
Cl. mediterraneo

Cl. continentale
Cl. subartico
Cl. transiberiano
Cl. polare
Cl. nivale
Cl. glaciale
Cl. steppico
Cl. desertico

Cl. monsonico
Cl. sinico
Cl. della savana
Cl. alpino
Cl. boreale
Cl. boreale delle
foreste
Cl. della tundra

Sintesi climatiche

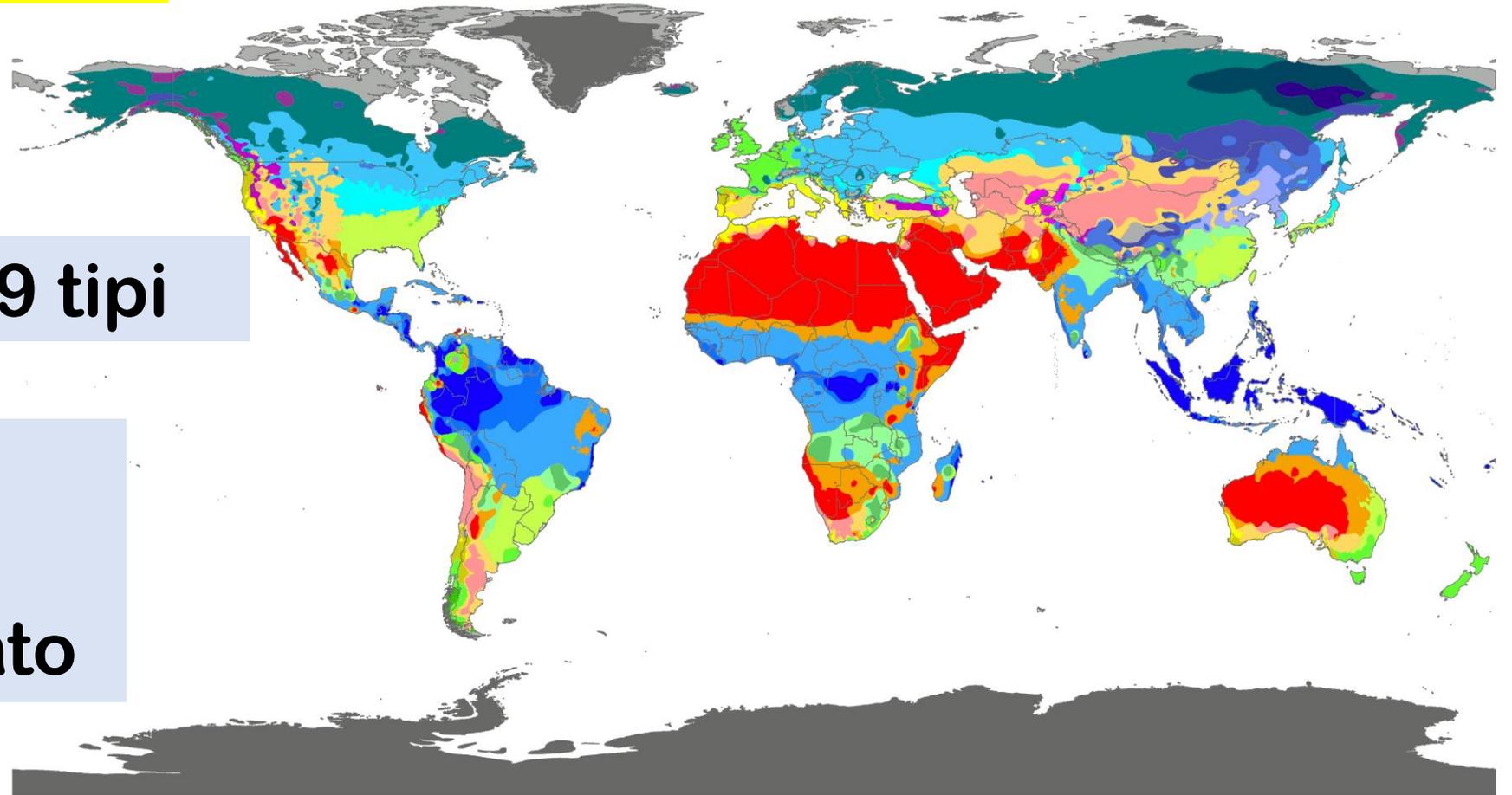
Classificazione climatica mondiale secondo il sistema Köppen–Geiger

Köppen-Geiger 29 tipi

Rosso → caldo

Blu → umido

Verde → temperato



Carte climatiche



Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh		Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc	
	BSk				Dsd	Dwd	Dfd	

FONTE: Stazione dati GHCN v.2.0
Temperatura (N=4,844) e
Precipitazioni (N=12,396)

PERIODO RILEVAZIONE: tutti i disponibili

RILEVAZIONE MINIMA: 30 per ogni mese

RISOLUZIONE: 0.1 gradi lat/long

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

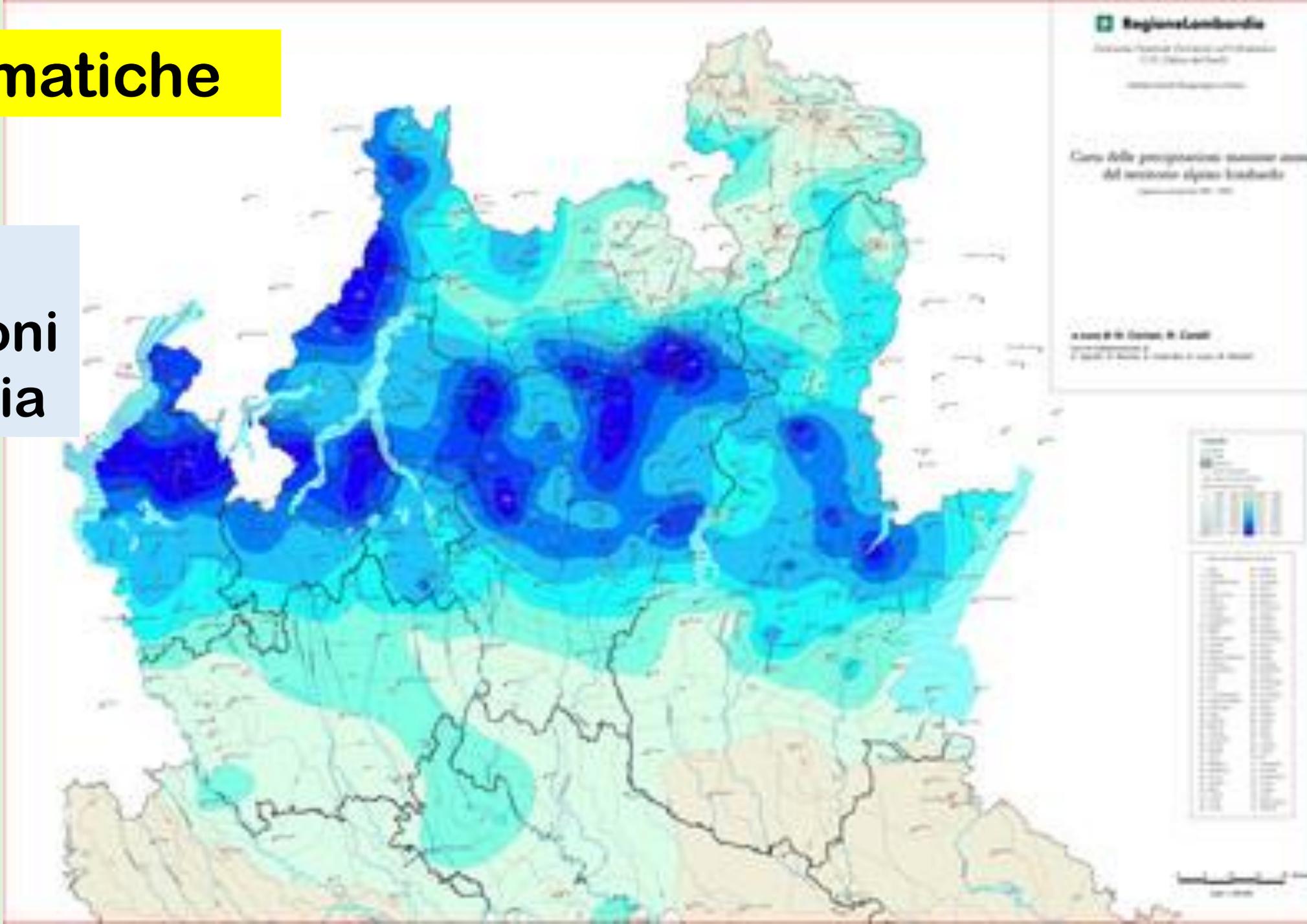
Sintesi climatiche

Esempio
Lombardia



Sintesi climatiche

Carta delle precipitazioni In Lombardia



Clima sul pianeta Terra

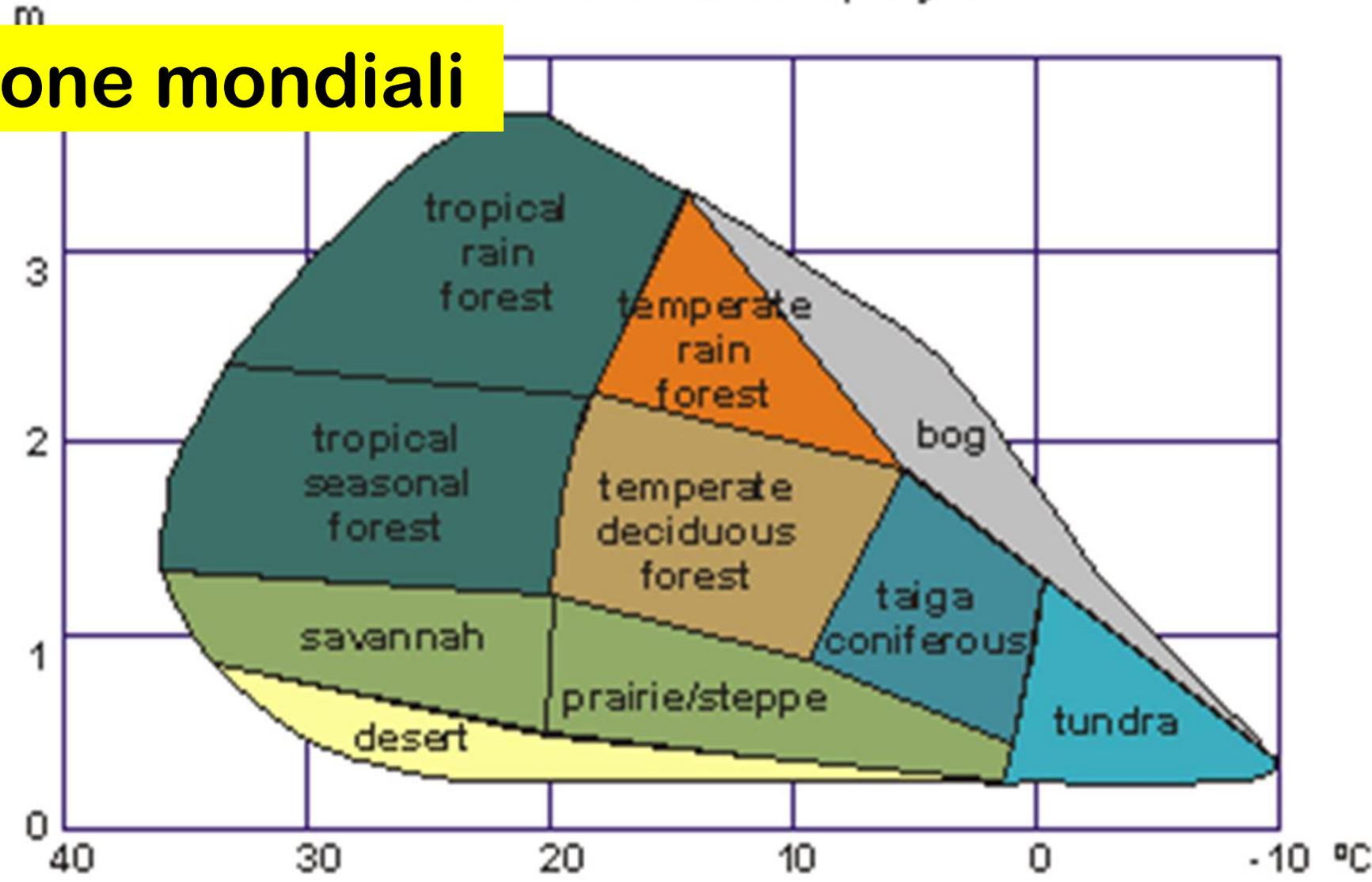
A scala mondiale la distribuzione delle piogge e delle temperature varia

Una sintesi molto efficace è offerta dalla correlazione clima-vegetazione essendo la vegetazione espressione del clima

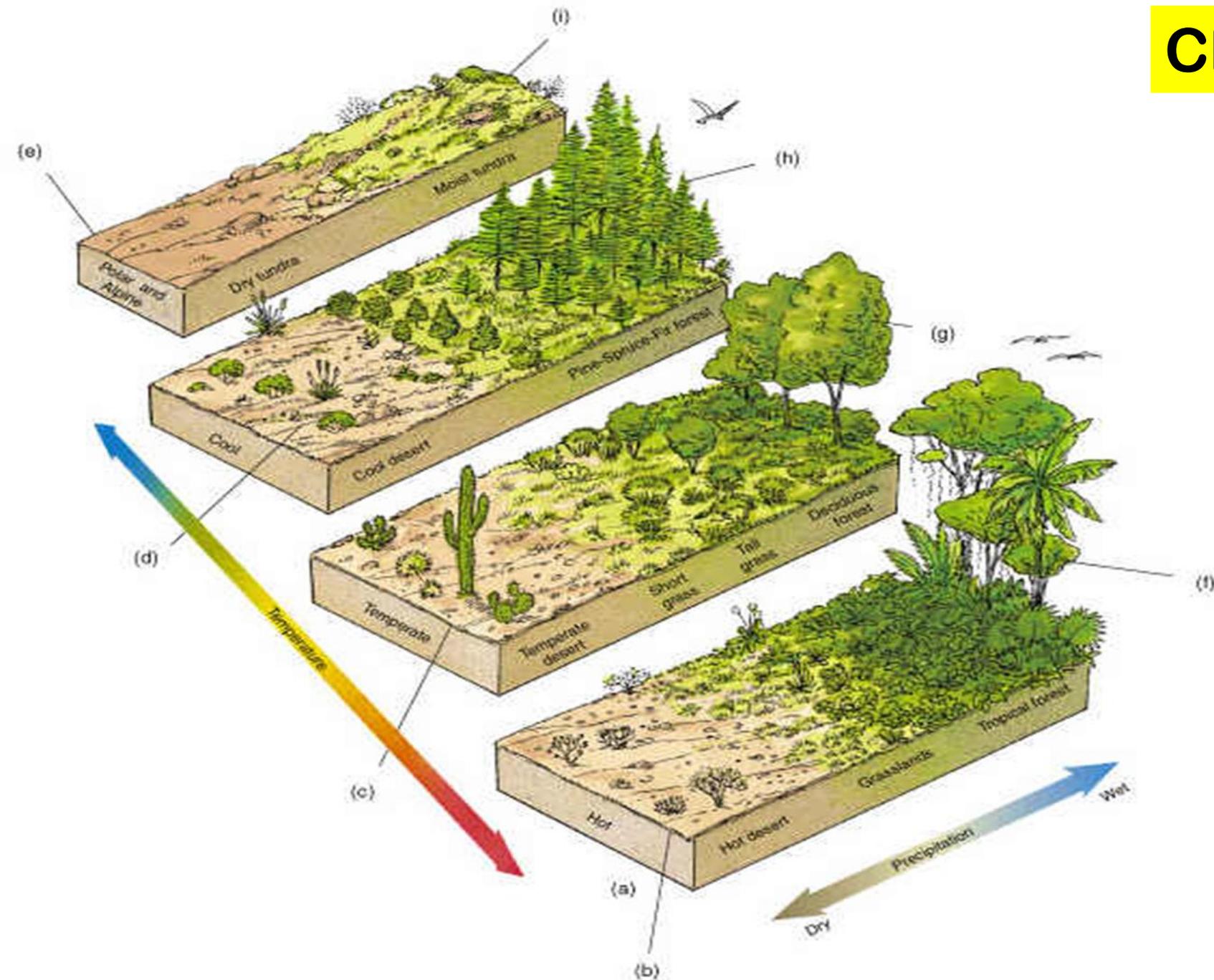
soil types and vegetation in relation to temperature and moisture

Horizontal: temperature in degrees C
Vertical: rainfall in metres per year

Clima e vegetazione mondiali

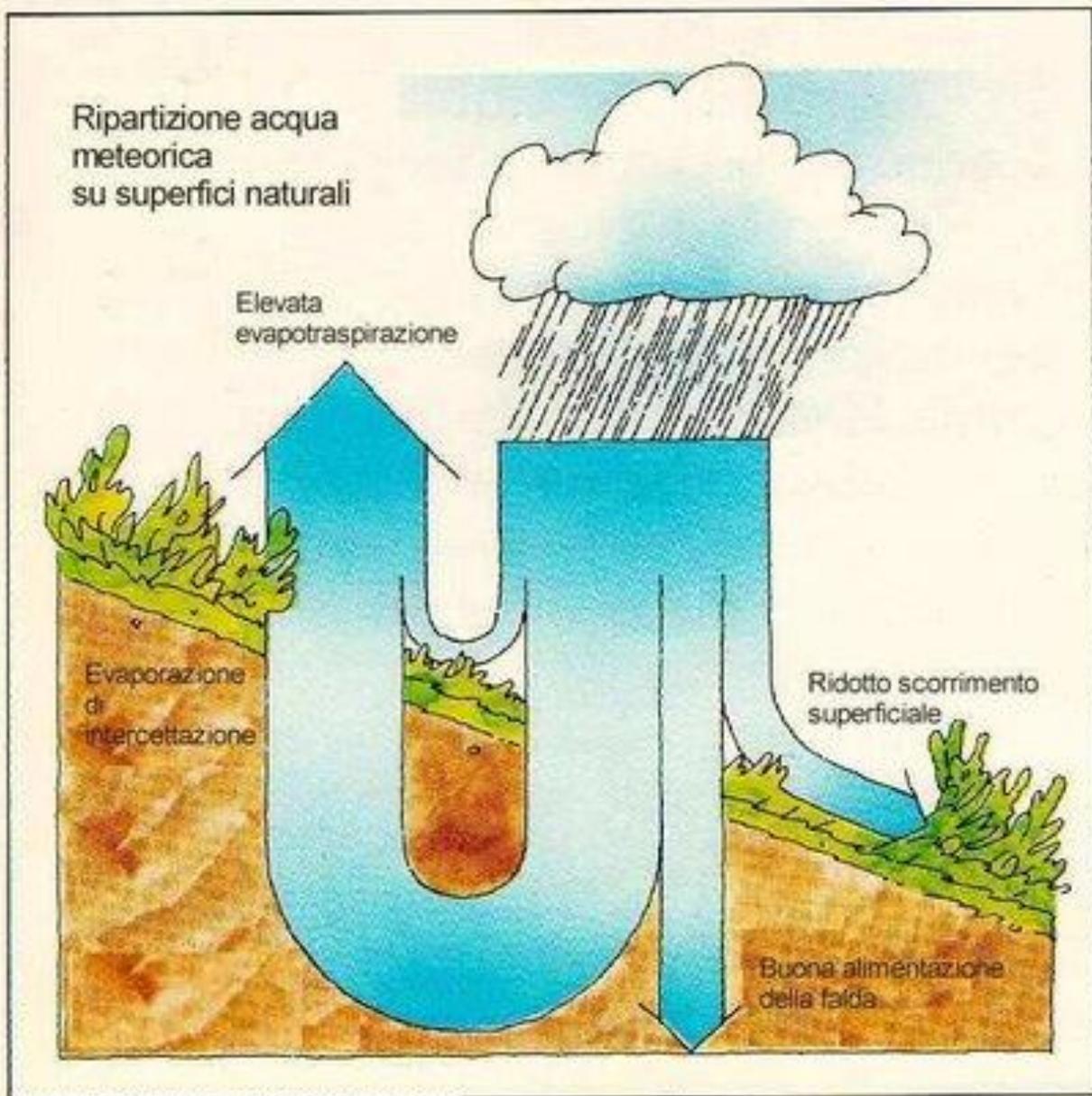


Clima e vegetazione

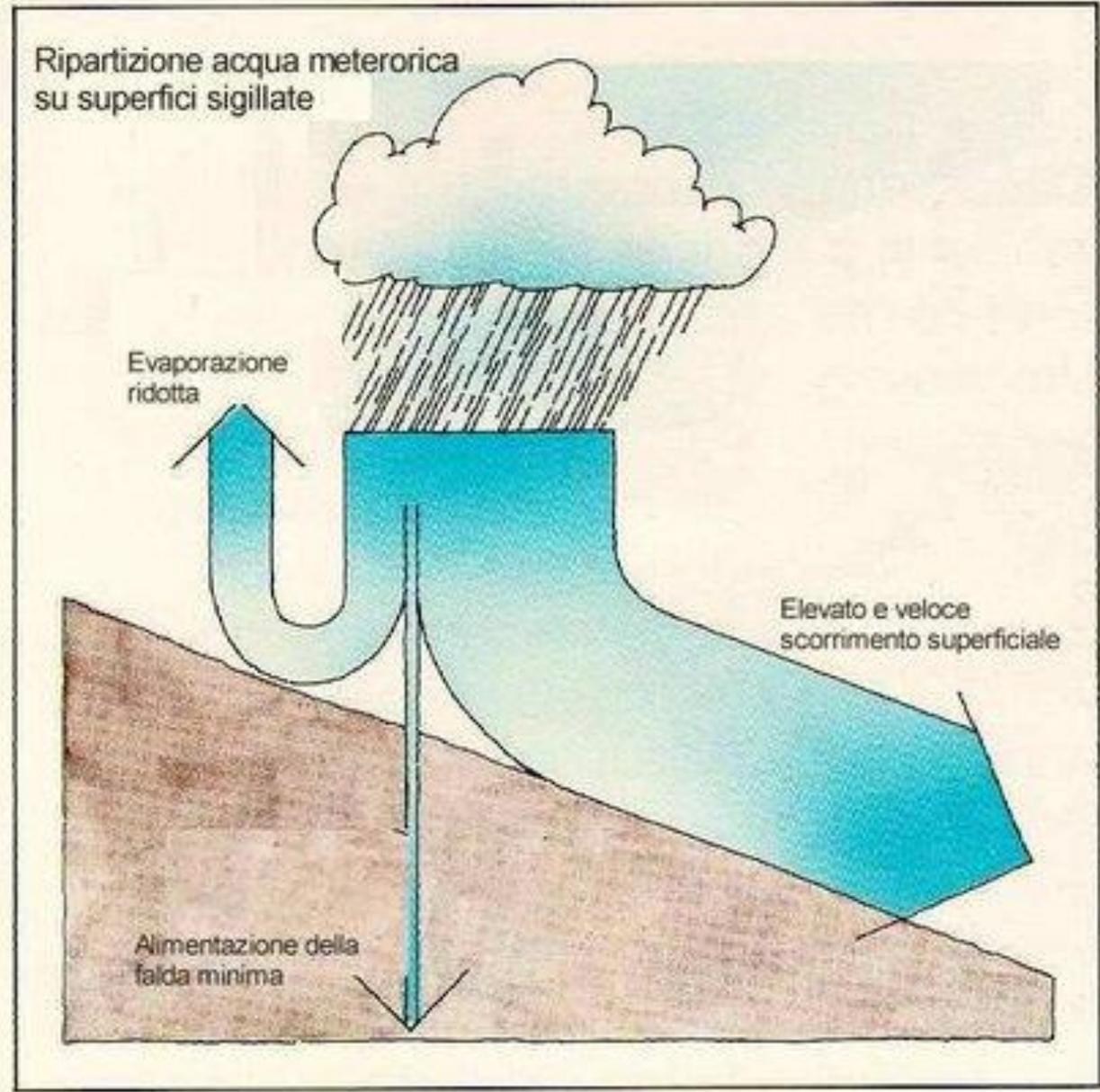


Precipitazioni condizionano le variazioni lungo lo stesso parallelo

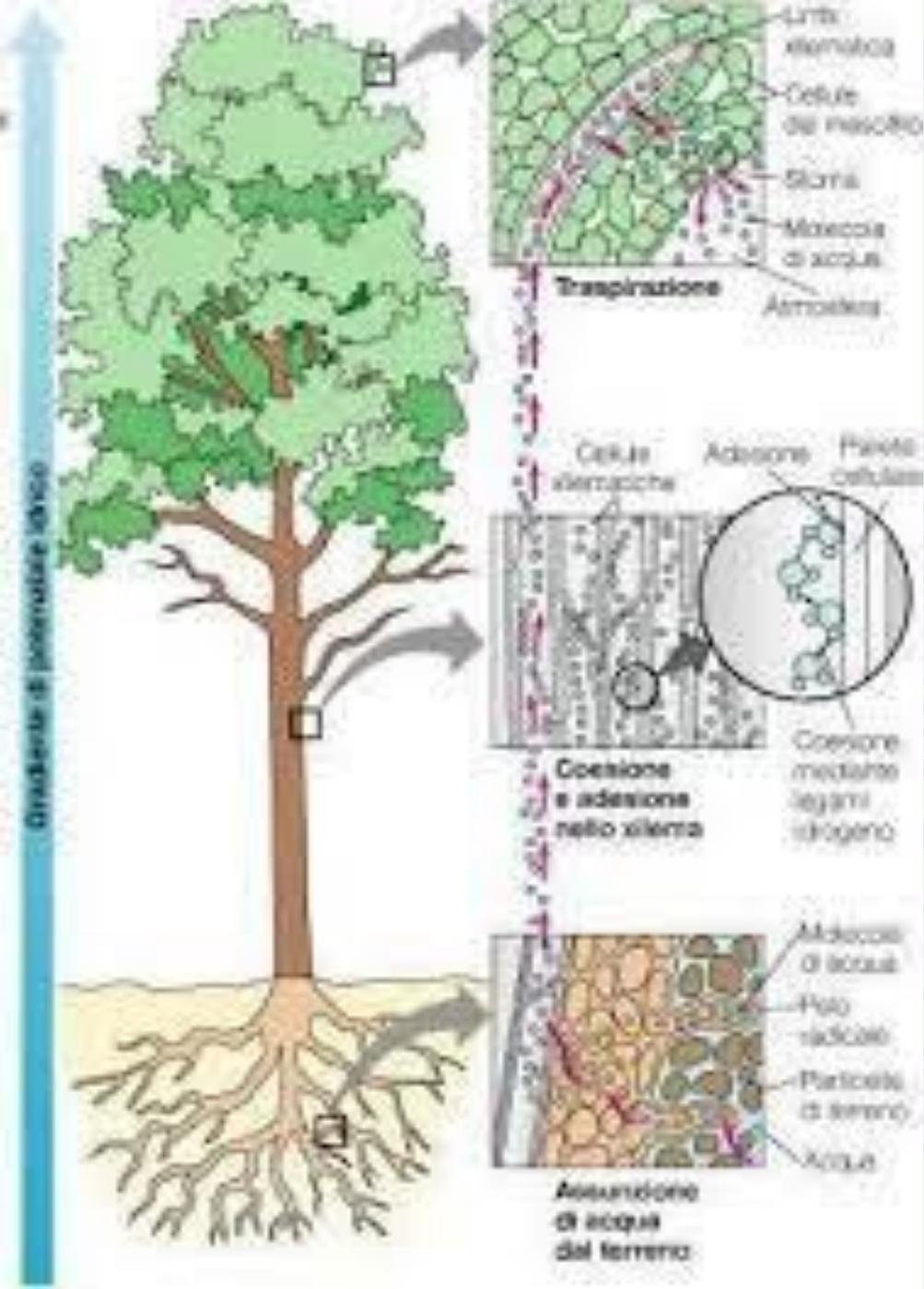
Vegetali e ciclo dell'acqua



Fonte: DDV - Deutsche Dachgleiter Verband Baden-Württemberg

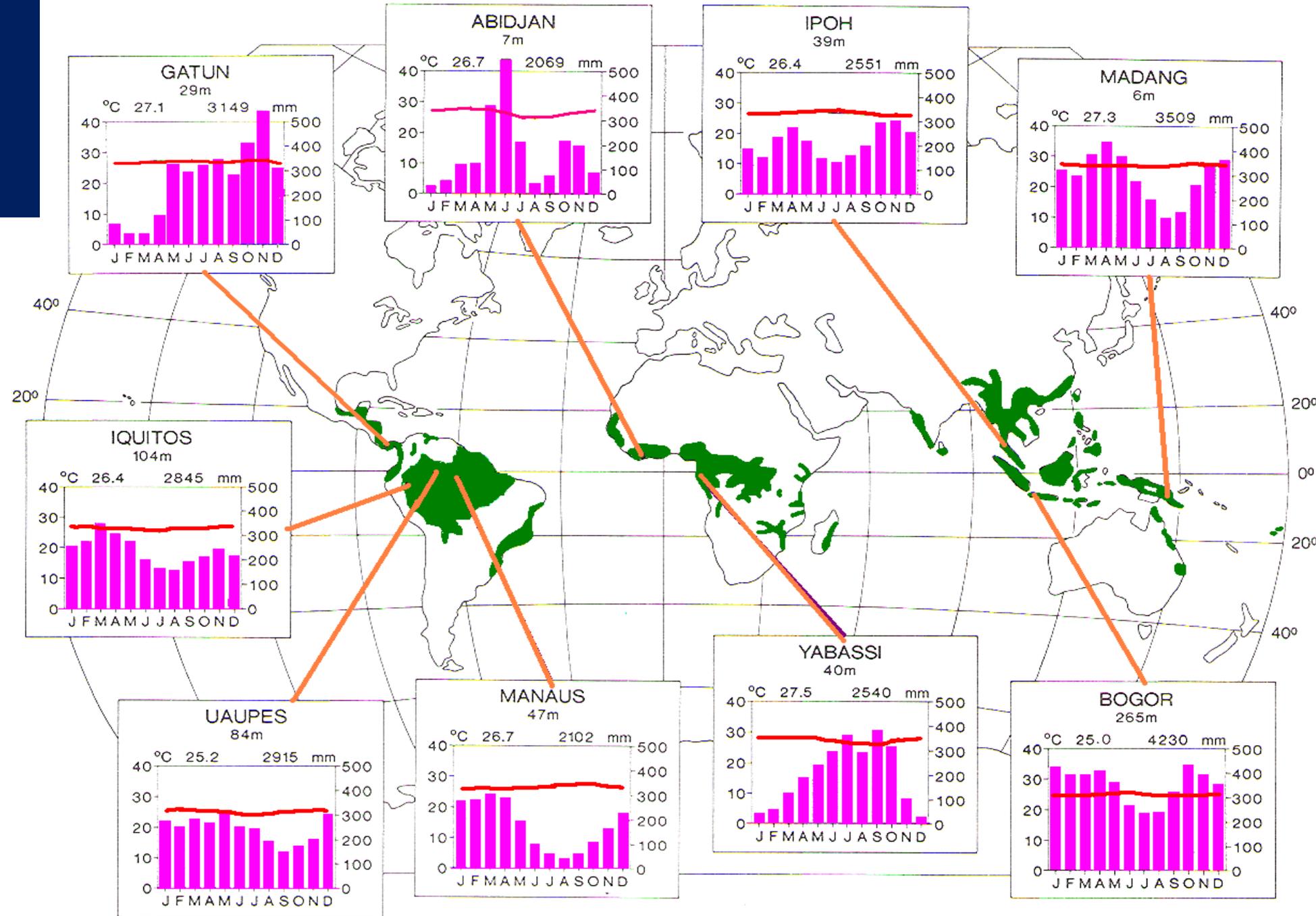


Trasporto acqua nei vegetali

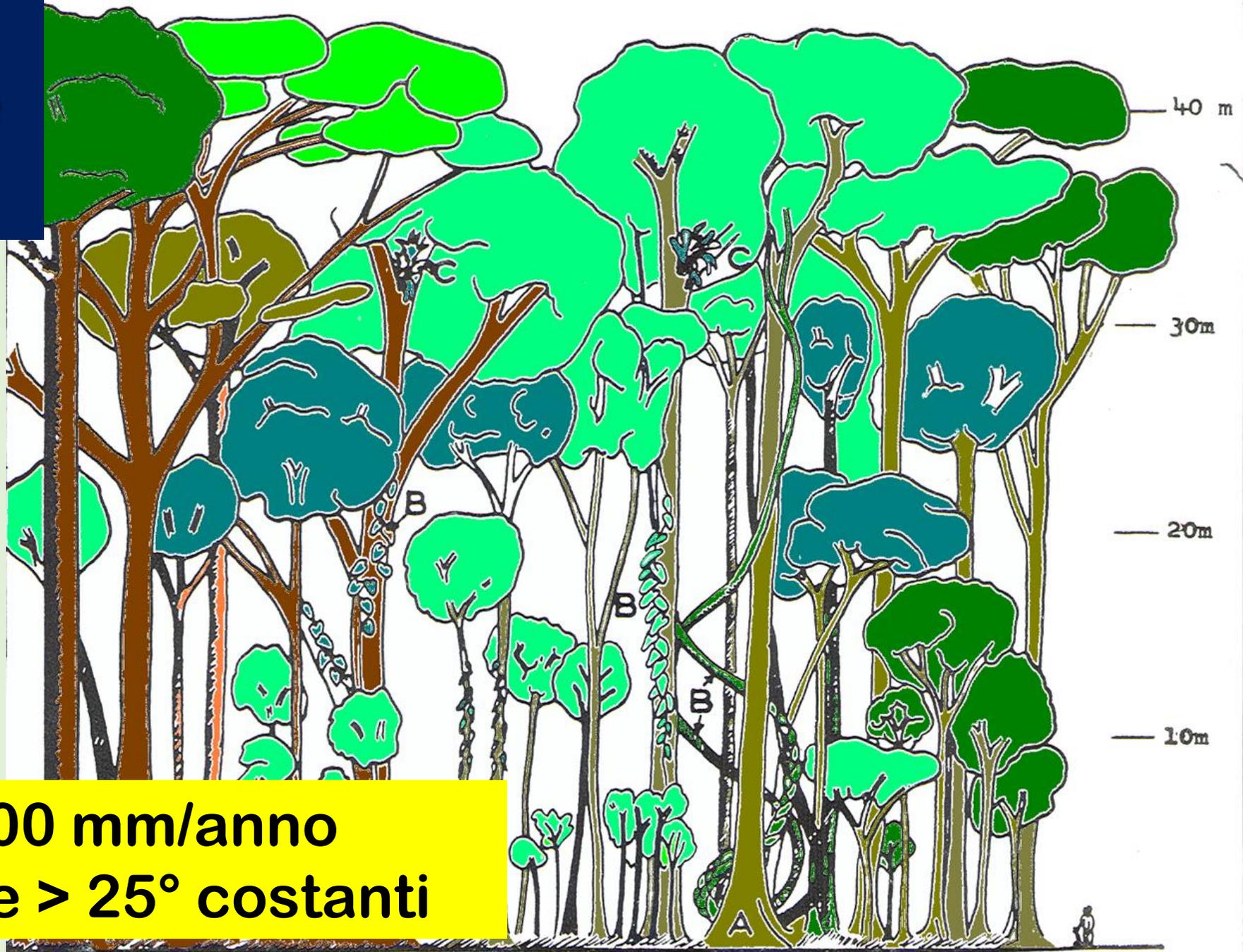


LAI
Indice di area fogliare

Foresta tropicale pluviale



Foresta tropicale pluviale



A
alberi

B
liane

C
epifite

Piogge > 2500 mm/anno
Temperature > 25° costanti

Foreste pluviali montane

A photograph of a vast, dense mountain forest. The trees are thick and green, covering a steep hillside. The sky is visible at the top left, and the forest extends to the horizon.

- Nella zona intertropicale,
salendo in quota:**
- **foreste pluviali montane
(foreste delle nebbie)**
 - **oltre limite foresta, Paramo**

Paramo



Paramo



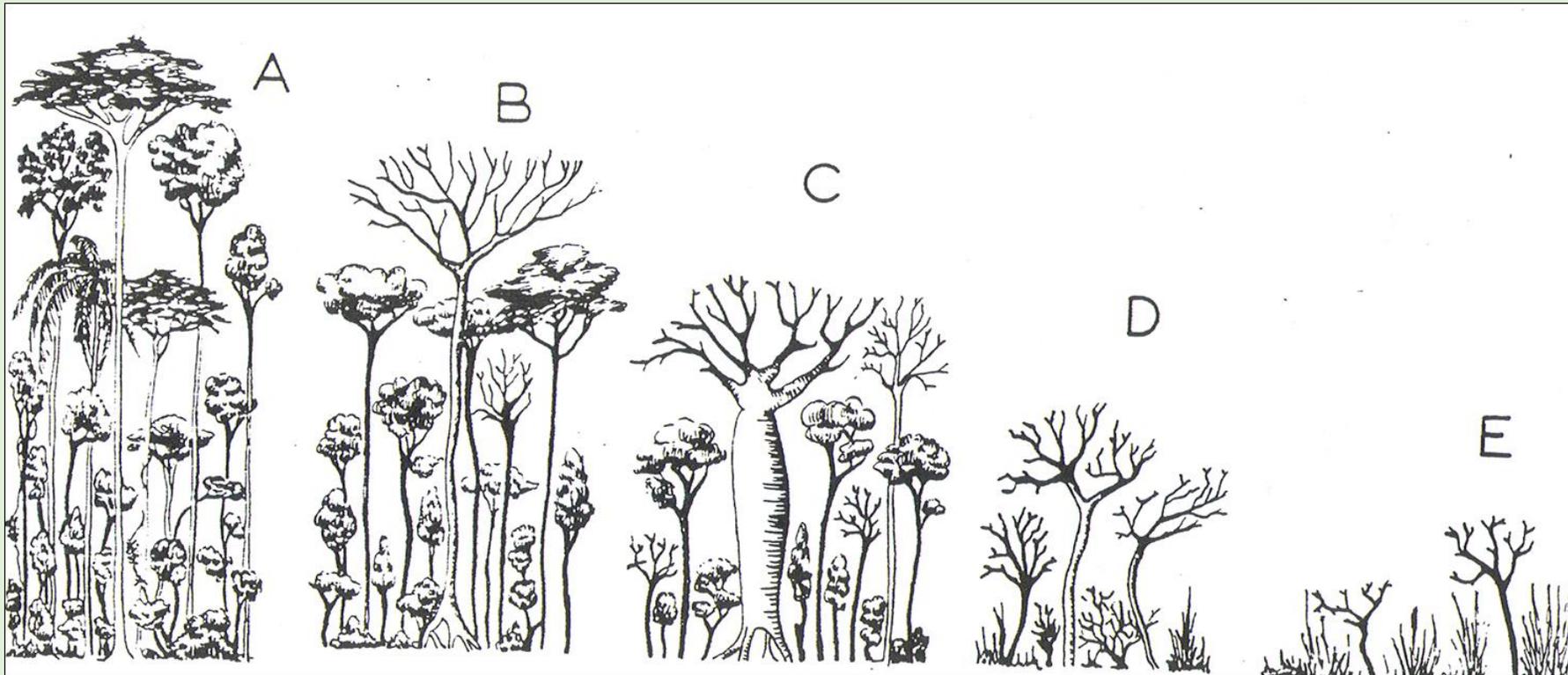
**Ande: Argentina – Chile
4170 m**

Kenya – Abarder 4300 m

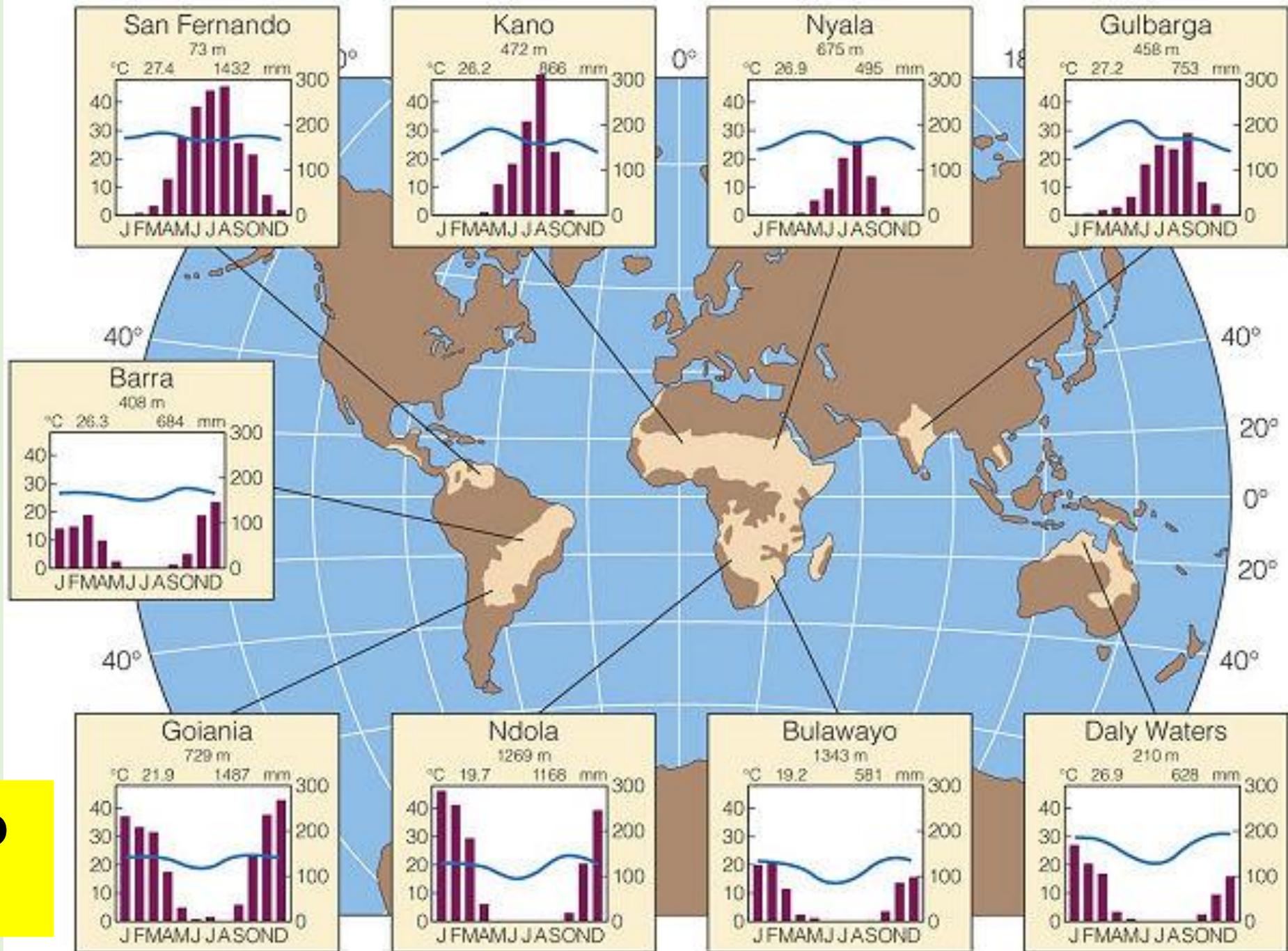


Dalle foreste al deserto

- A. Foresta pluviale tipica
- B. Foresta semi-caducifoglia: alberi più elevati con foglie caduche
- C. Foresta semiarida: parte alberi a foglie caduche
- D. Foresta secca caducifoglia che diventa foresta bosco parco
- E. Savana alberata che diventa savana: grandi graminacee, no alberi

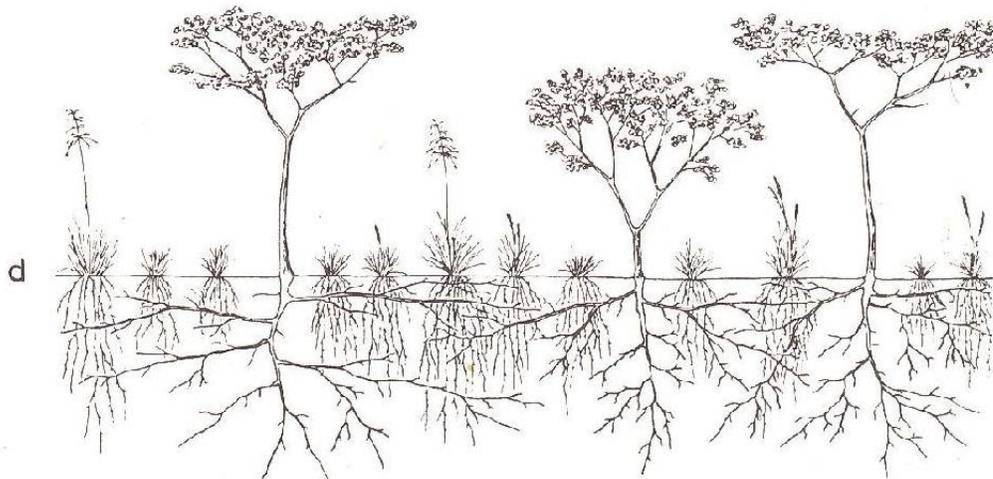
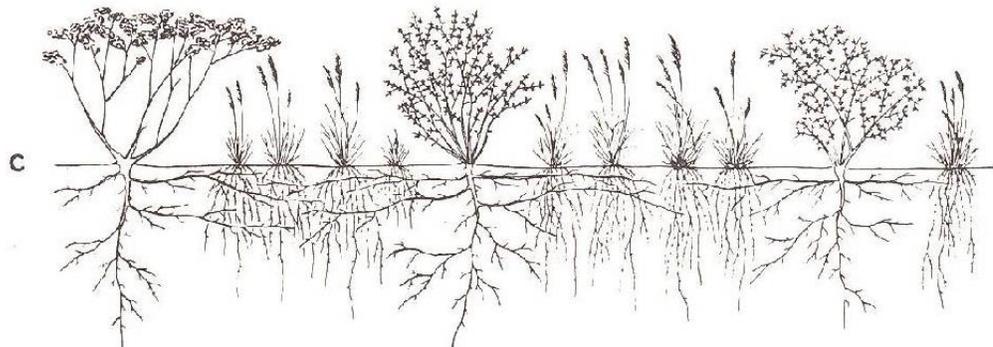
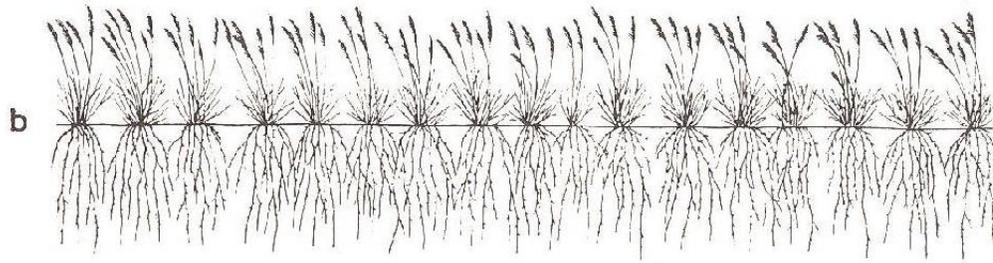
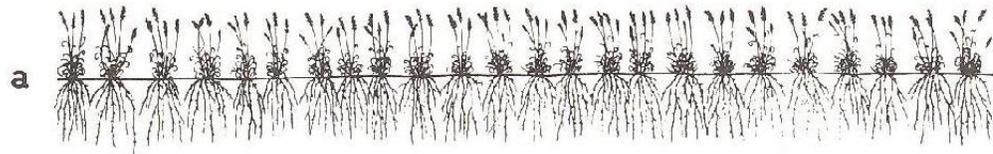


Savane



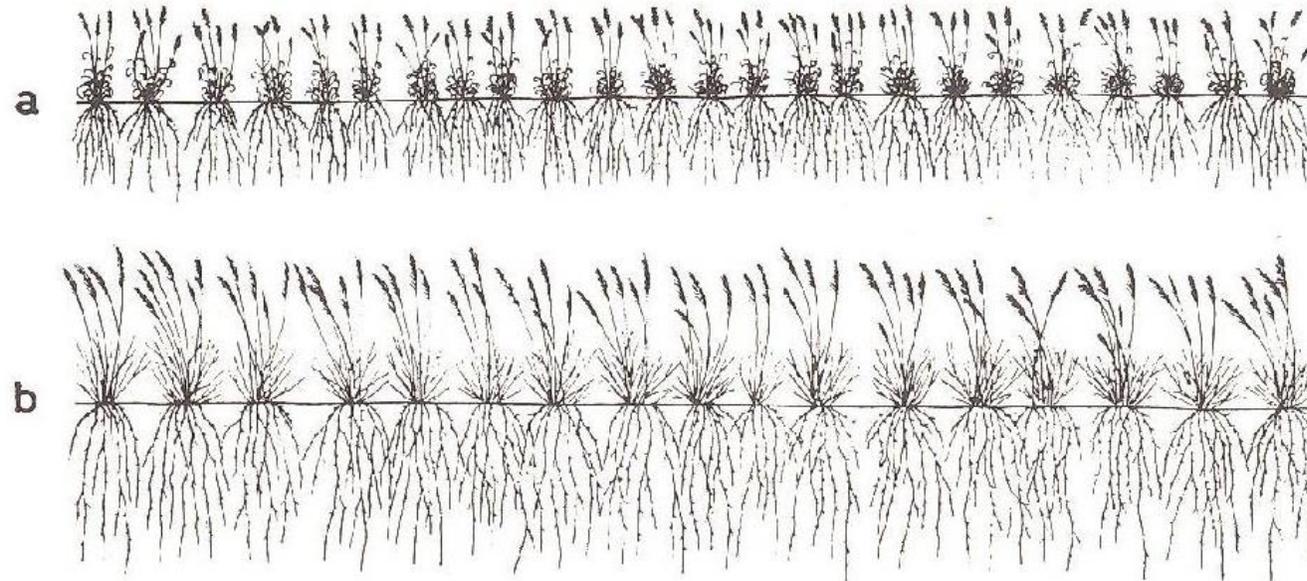
P: 4-5 mesi/anno
T: > 24° costanti

Savane del SO Africa



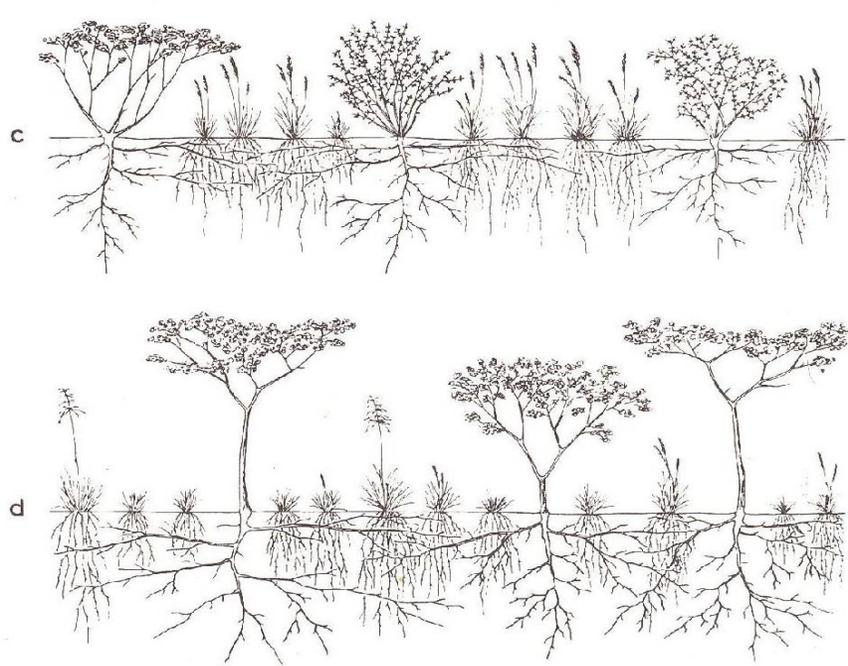
Vegetazione è espressione della quantità di pioggia che cade durante la stagione umida

Savane SO Africa



a) Zone molto aride (100 mm/anno di pioggia) l'acqua penetra poco nel suolo, vivono piccole graminacee che usano tutta l'acqua piovana. In periodi senza pioggia restano vitali solo le gemme.

b) Zone aride (200 mm/anno di pioggia) l'umidità penetra un po' più nel suolo, la graminacee hanno taglia maggiore, consumano tutta l'acqua disponibile

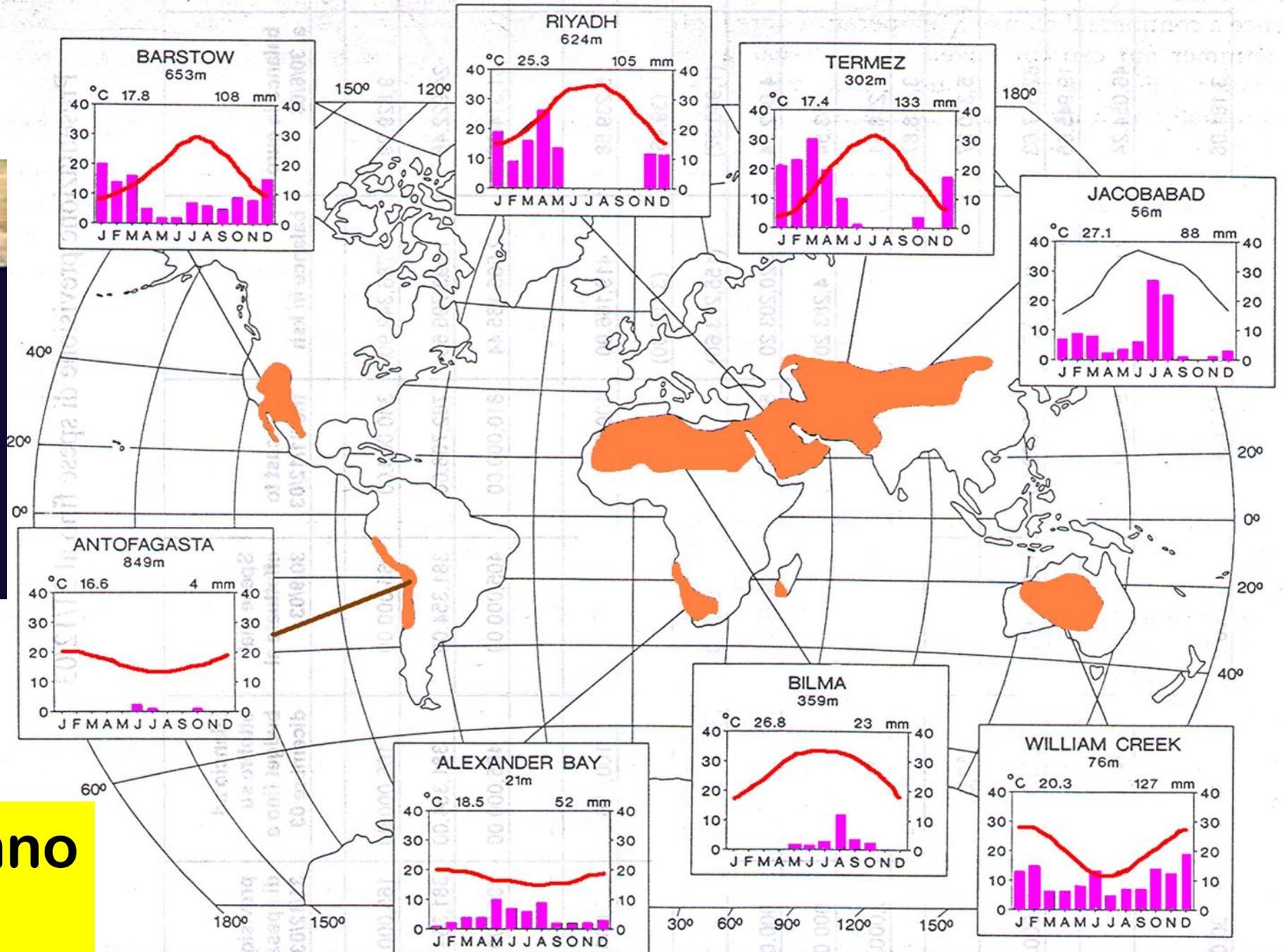


Savane del SO Africa

c) Piogge fino a 300 mm/anno. Finita la stagione delle piogge, resta nel suolo una quantità di acqua che non basta a mantenere verde le erbe, ma che è sufficiente per mantenere in vita alcuni piccoli arbusti durante la stagione secca (savana arbustiva).

d) Piogge di 400 mm/anno. Maggiore quantità di acqua disponibile, sviluppo di piccoli alberi sparsi.

Deserti



P: < 250 mm/anno
T: variabili

DESERTI

Coprono circa 1/5 delle terre.

Evaporazione >> quantità annuale di piogge che cadono

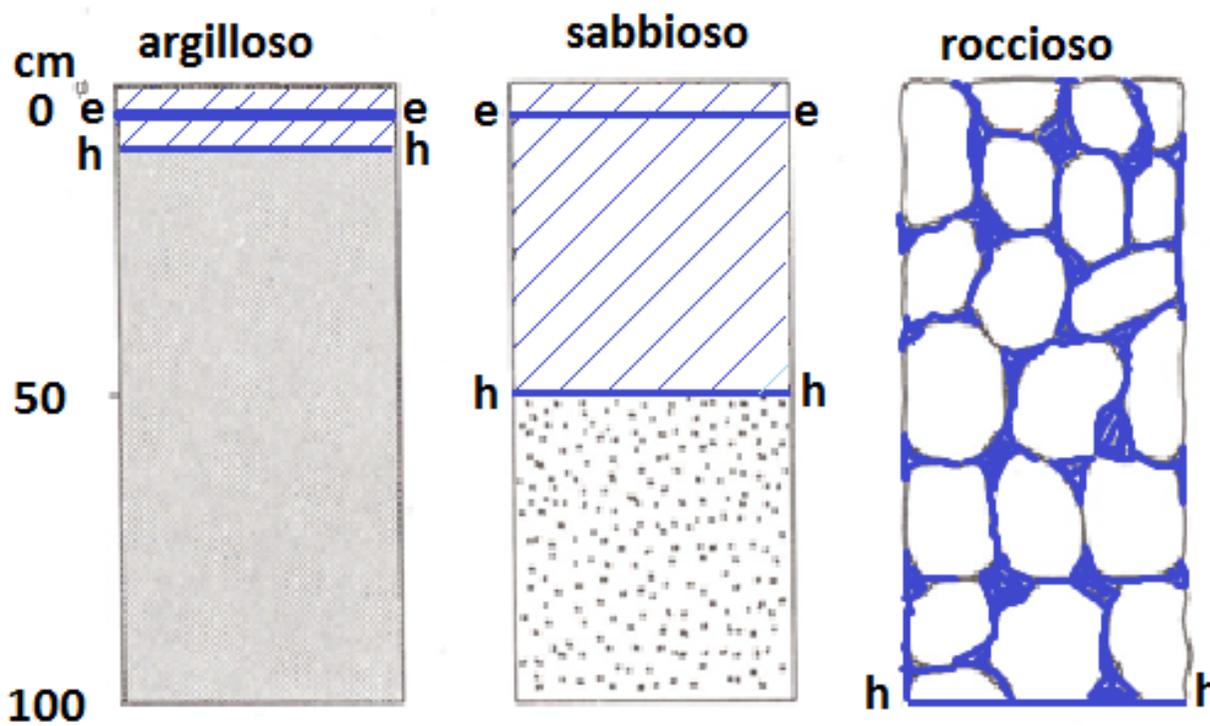
Precipitazioni tra 100 e 400 mm/anno



Gymnocalycium

Zone subaride + zone aride + zone di aridità estrema = 35%
superficie terrestre in aumento tendenziale

La copertura vegetale rada o assente accomuna tutti i deserti.



Zone umide:

suolo argilloso umido,
sabbioso secco

Zone aride:

contrario perché evapora
l'acqua dei primi 5 cm
superficiali di suolo

Acqua in terreni diversi dopo pioggia di 50 mm in zona arida.

h-h limite inferiore del suolo bagnato

e-e limite inferiore di disseccamento del suolo dopo pioggia

Il suolo argilloso immagazzina il 50% dell'acqua

quello sabbioso il 90%, quello roccioso il 100%

DESERTI

Le specie perenni soffrono durante gli anni secchi e una parte della pianta muore per ridurre la superficie traspirante: non esiste nel deserto una pianta che non abbia rami secchi.

Quasi sempre mancano le piante giovani; perché il rinnovamento è molto raro (avviene solo quando capitano più anni consecutivi con pioggia, evento che si realizza una volta in un secolo o anche più raramente).

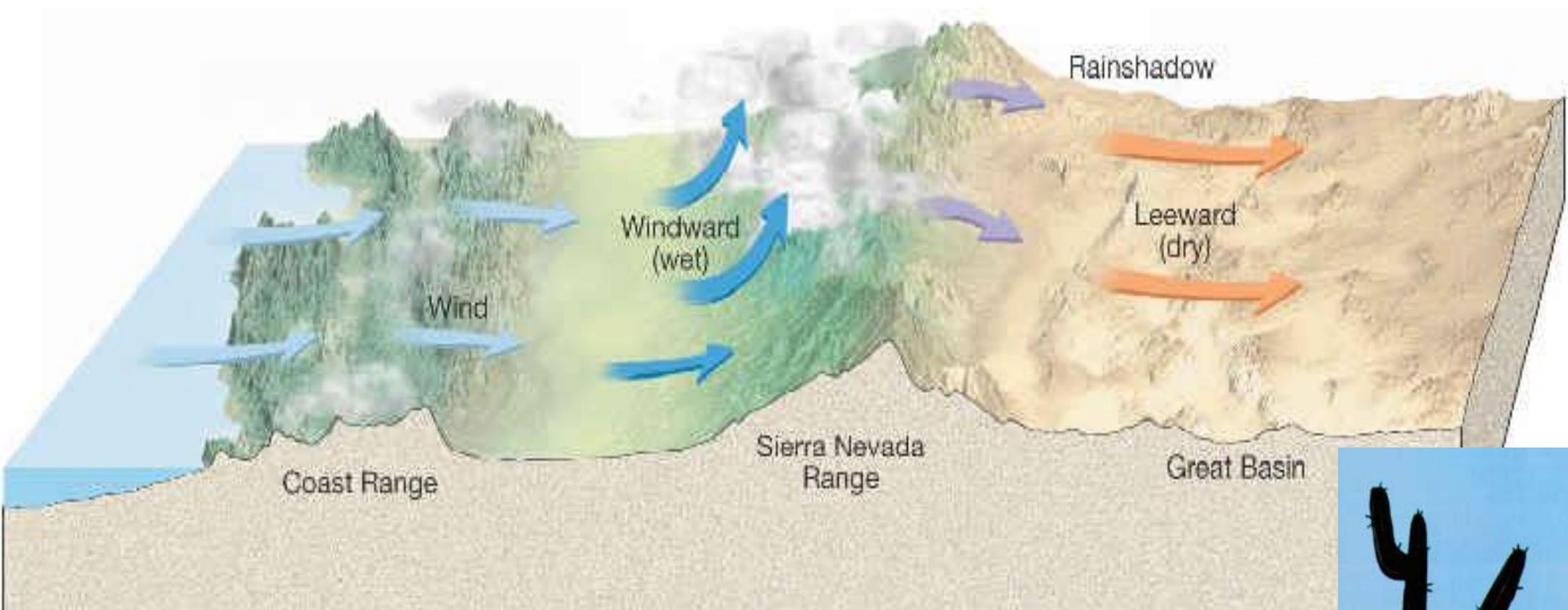
La maggior parte delle piante perenni delle zone aride può vivere anche molti anni; alcune anche parecchi secoli.

Le piante più vecchie finora note non sono le grandi sequoie giganti, ma alberi della bassa California, posti in zone aride a 3000 metri di quota (*Pinus aristata*). Gli individui più vecchi hanno tronchi striscianti che crescono in lunghezza in una sola direzione e possono raggiungere migliaia di anni di vita.

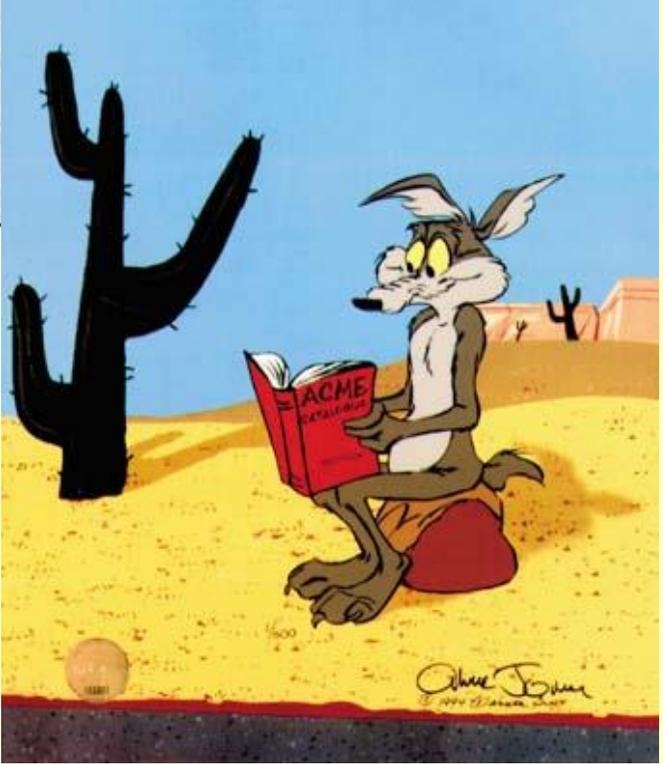


Pinus aristata

The oldest plant is thought to be the 4600 year old. Sierra Nevada.



**Zone aride
del
N America**



Zone aride S America



Direzione principale dei venti



Precipitazione media annuale (mm.)

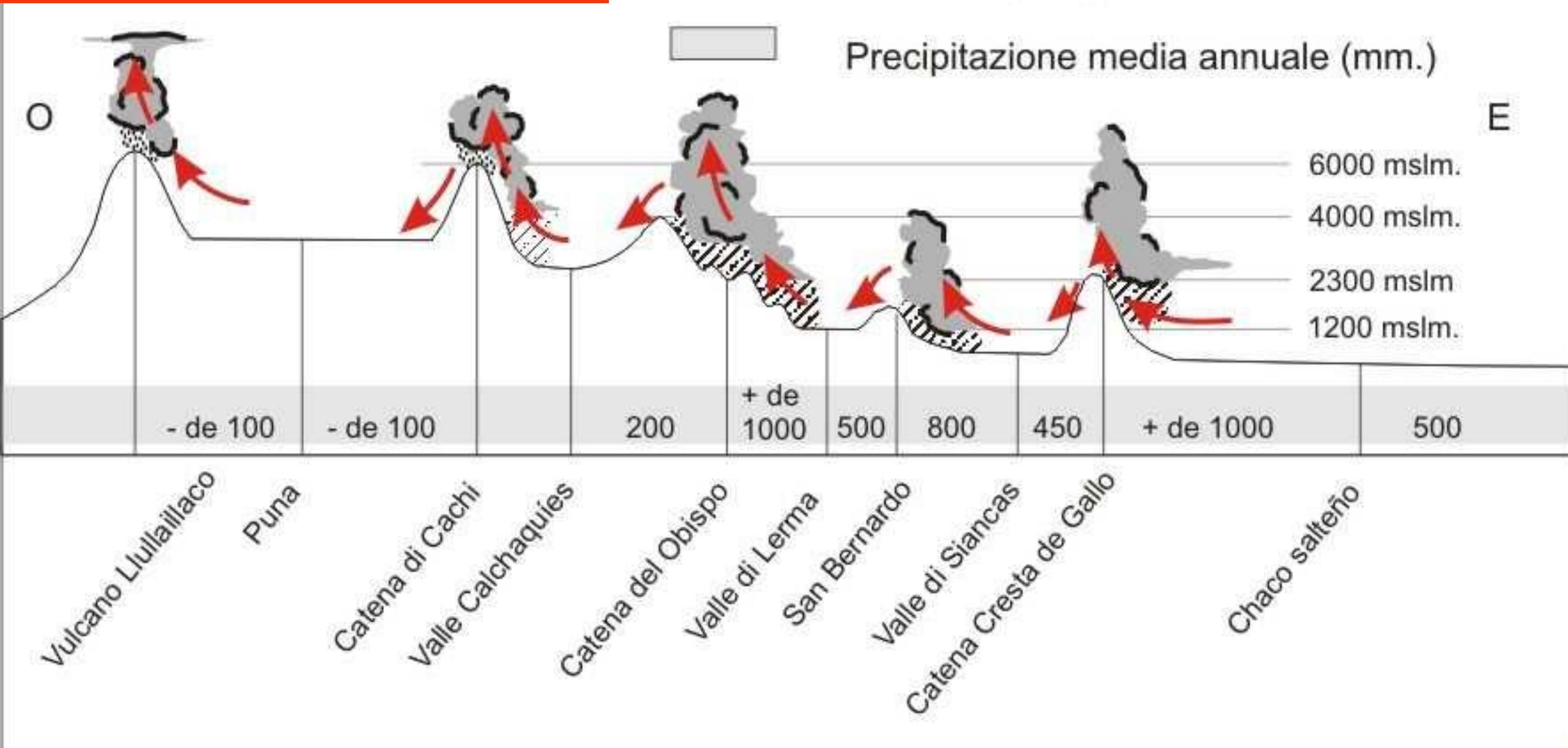
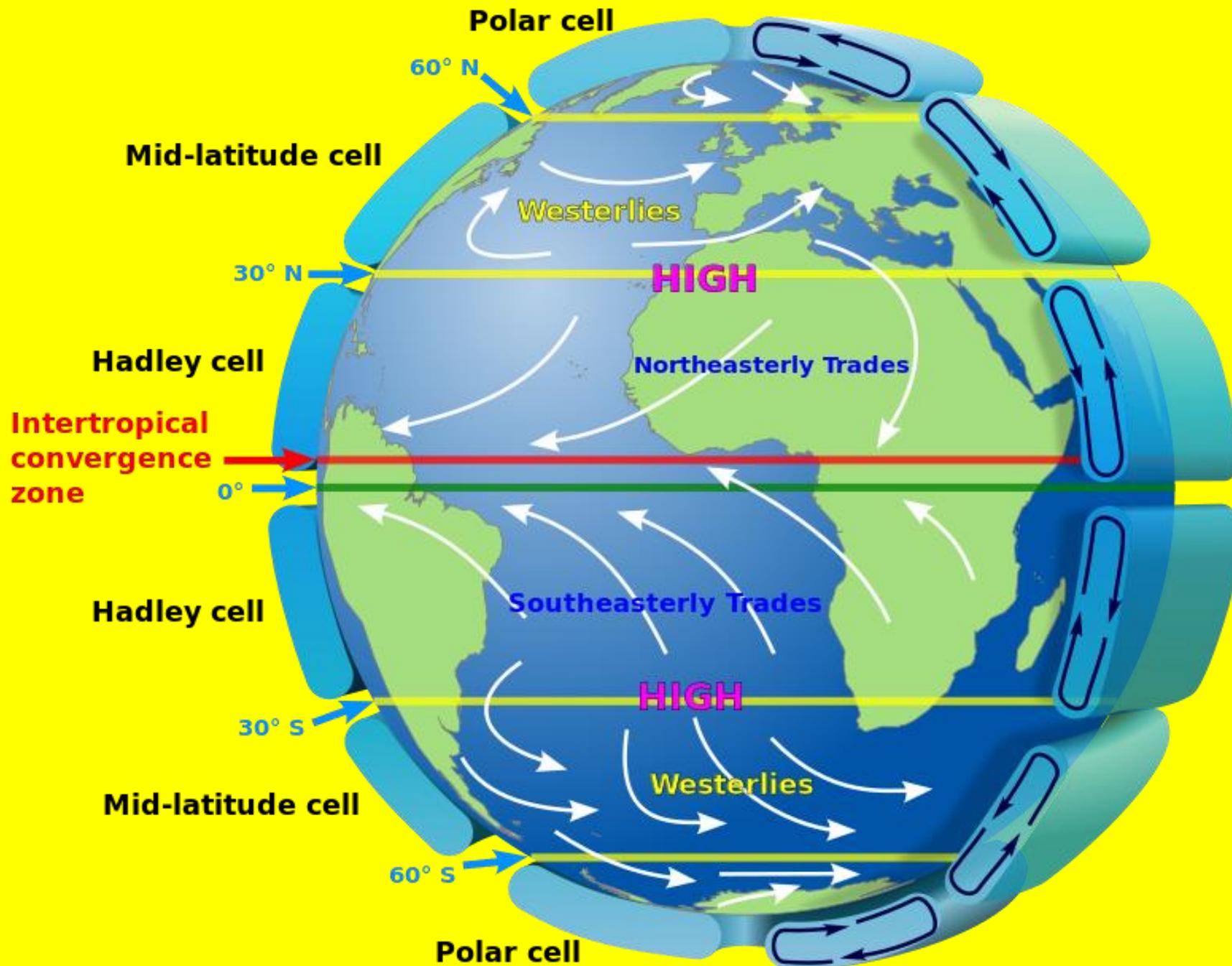




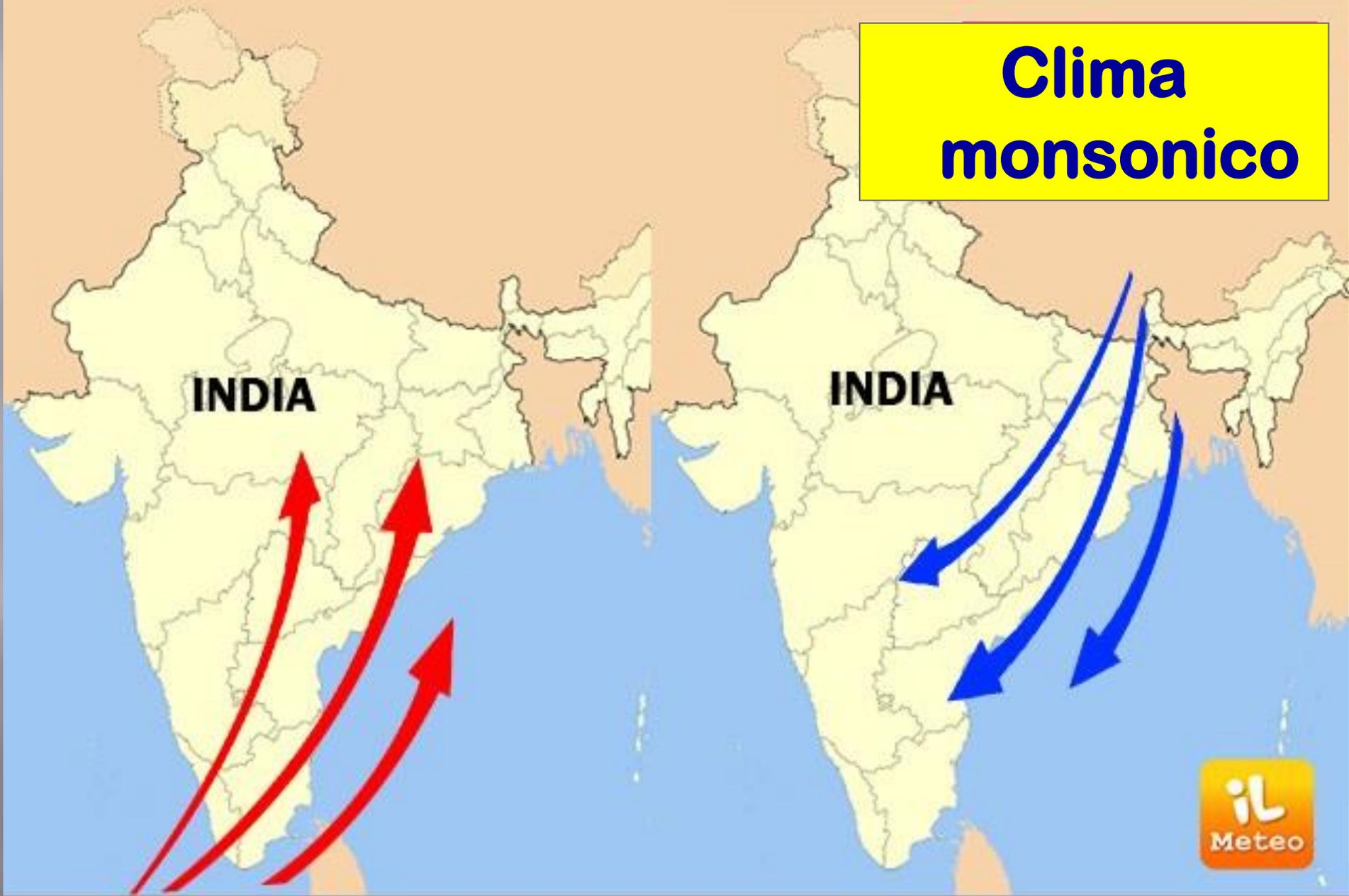
Immagine satellitare dell'8 febbraio 2022: a dominare è il colore marrone, chiaro segnale dell'estrema siccità che ha colpito il nostro Paese. Da notare la mancanza quasi totale di neve sul versante italiano delle Alpi e sugli Appennini. Immagine ESA Copernicus- Sentinel 3.



**All'equatore aria calda sale e richiama
quella fredda da nord a sud**

**Per effetto della forza di Coriolis le
perturbazioni dell'emisfero nord
si muovono verso est e quelle
dell'emisfero sud verso ovest**

Clima monsonico



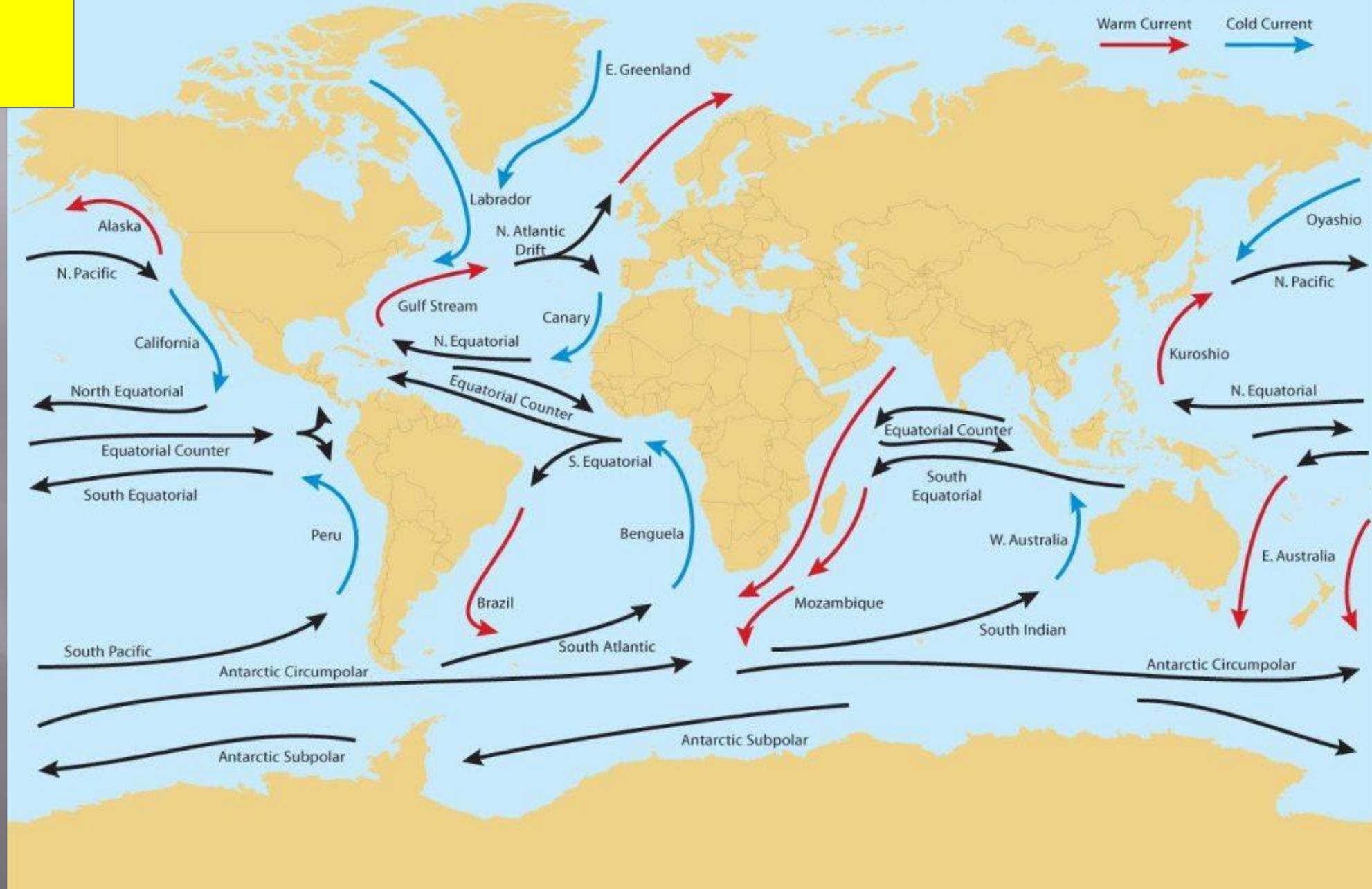
ESTATE

INVERNO



Correnti marine

The ocean currents



Deserti sud America



Deserto salato

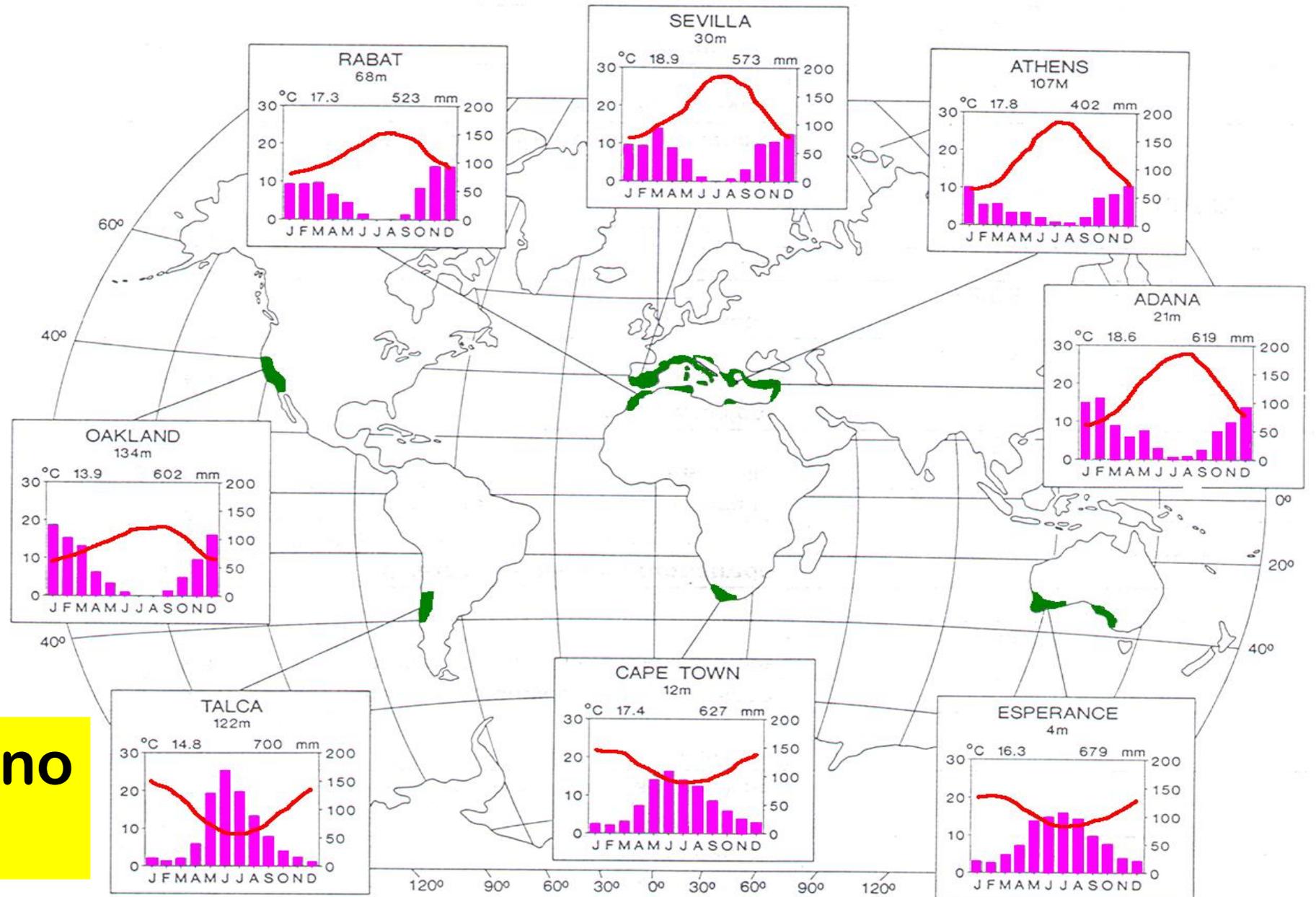
**Corso Geobotanica
2006 - 2007**

Argentina sett. 2007

Fiume nel deserto



Ecosistemi mediterranei



P: < 600 mm/anno
T: variabili

Ecosistemi mediterranei

- Comprese circa fra i 30° e i 45° di latitudine dei due emisferi e occupano l'1,2% terre emerse (oltre la metà è data dal bacino del Mediterraneo)
- Clima di transizione fra temperati e tropicali-aridi; si è evoluto nel terziario partendo da condizioni caldo-umide
- E' caratterizzato da:
 - inverni da miti a freddi
 - gelate e neve rare, pochi giorni.
 - piogge concentrate in inverno,
 - aridità estiva superiore ai 3 mesi
 - estati calde





Pinus torreyana

California chaparral

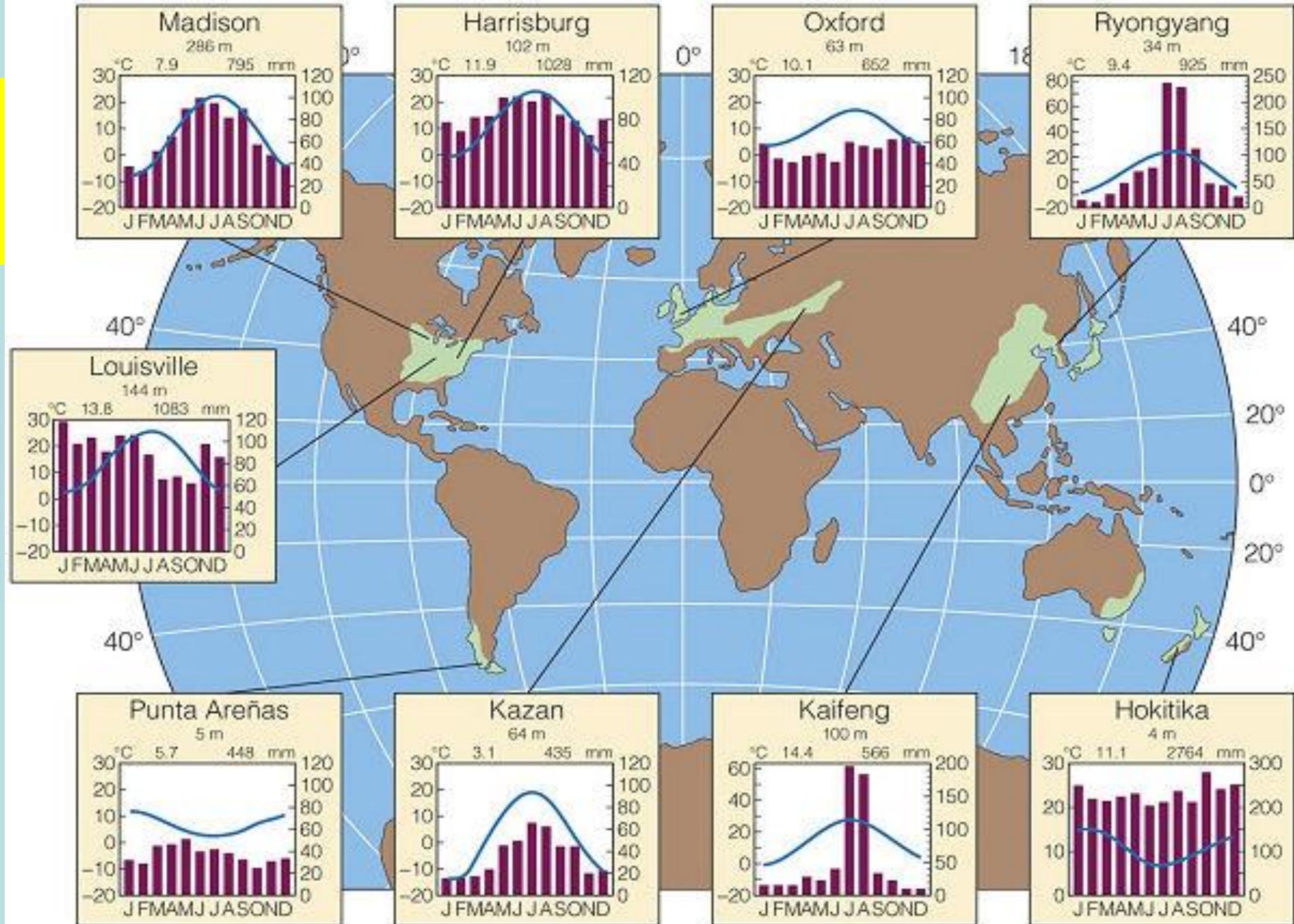


California chaparral



Quecus douglasii

Foreste temperate



Foreste temperate

Periodo vegetativo 4 – 6 mesi caldi

Piogge: 800 - 1000 mm/anno, soprattutto estive

Sud Europa piogge equinoziali (es. foreste lungo fiume Ticino)

Periodo senza foglie 3 – 5 mesi, molto
freddo limitato a 1 – 3 settimane.



Foreste temperate

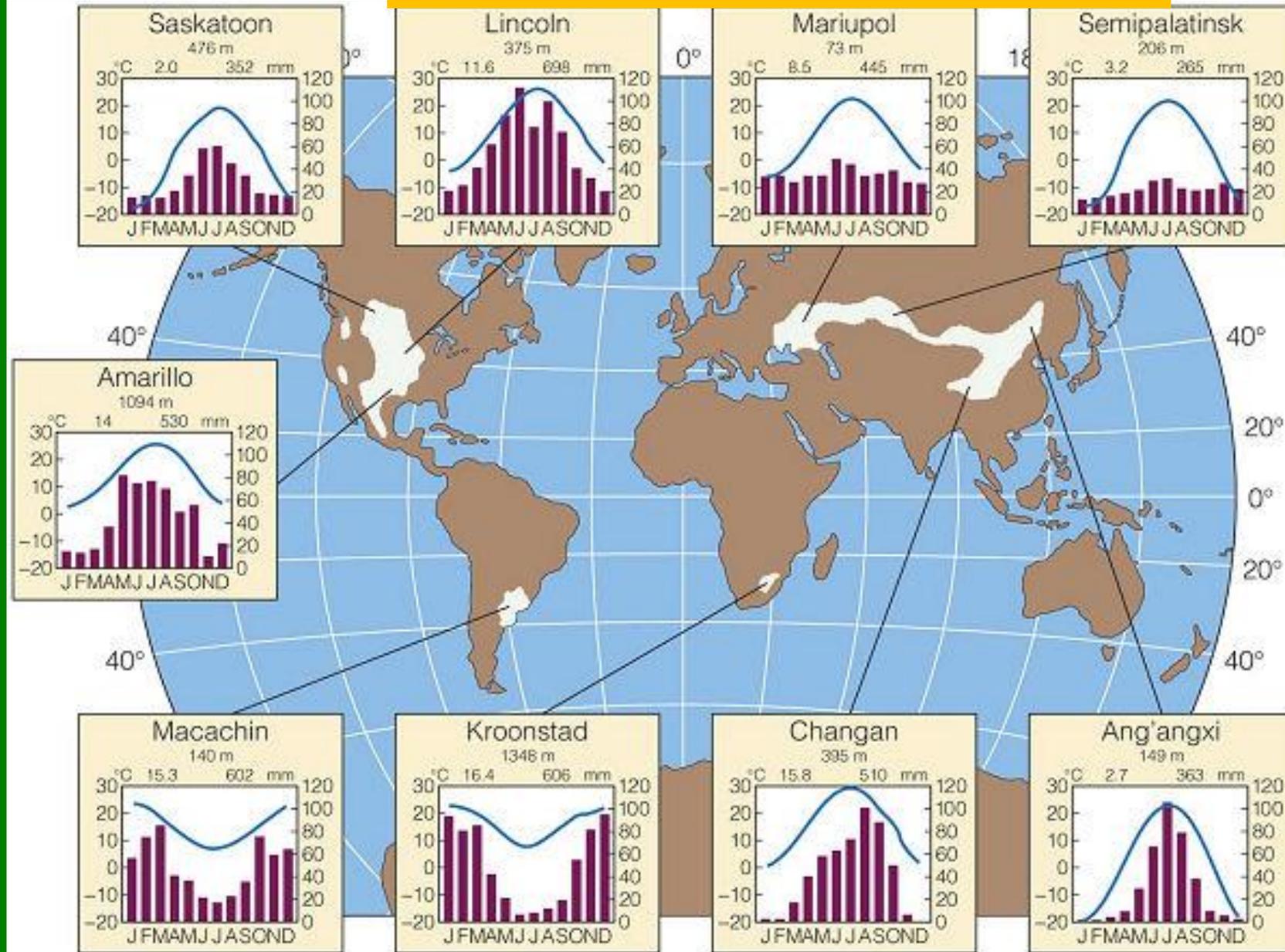
Caduta foglie adattamento alla stagione fredda, determinata geneticamente, presente anche negli alberi allevati in serra.

Suoli molto fertili → agricoltura.

Quando l'estate è corta e fresca e l'inverno rigido si afferma la foresta di conifere



Praterie temperate



Praterie temperate

Grandi estensioni di erbe

Precipitazioni irregolari (350 – 700 mm/anno) con periodi di siccità, terreno sottile e incendi impediscono la crescita degli alberi.

L'erba sopravvive agli incendi perché ha i fusti sotterranei.

Praterie temperate

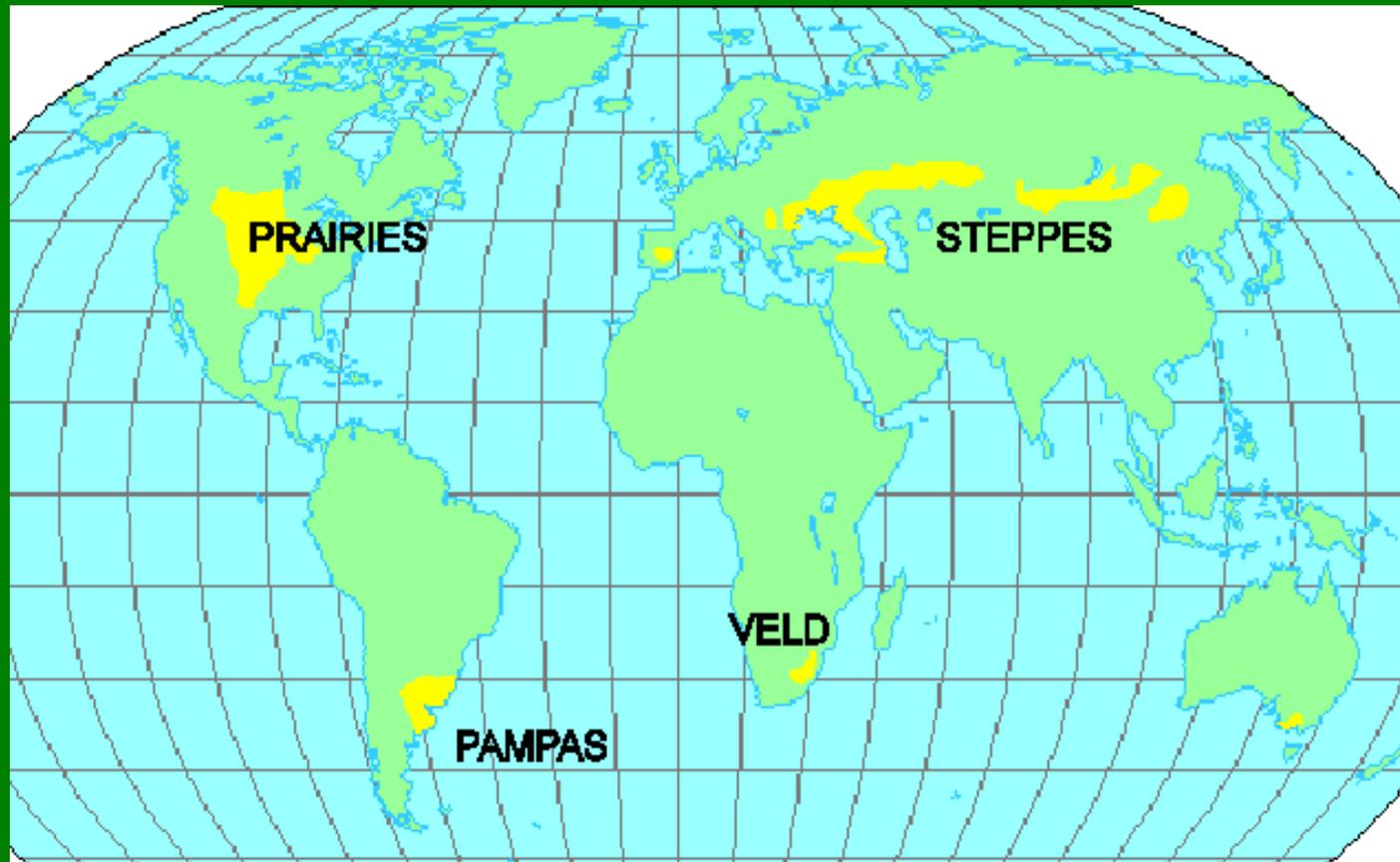
Occupano le medie latitudini e l'interno dei continenti.

Le praterie dell'emisfero sud tendono ad avere precipitazioni maggiori di quelle del Nord del mondo, e pertanto hanno erbe più alte.

Due i tipi di prateria:

- con erba alta, più umide
- con erba bassa, più secche, con caldo estivo e freddo invernale

Praterie temperate



Praterie regionali

N America: **praterie**
pianure centrali e
altopiani USA e Canada.

Eurasia: **steppe**
Ucraina fino Mongolia.

S America: **pampas**
Argentina e Uruguay

Africa: **veld**
S Africa.

Praterie temperate

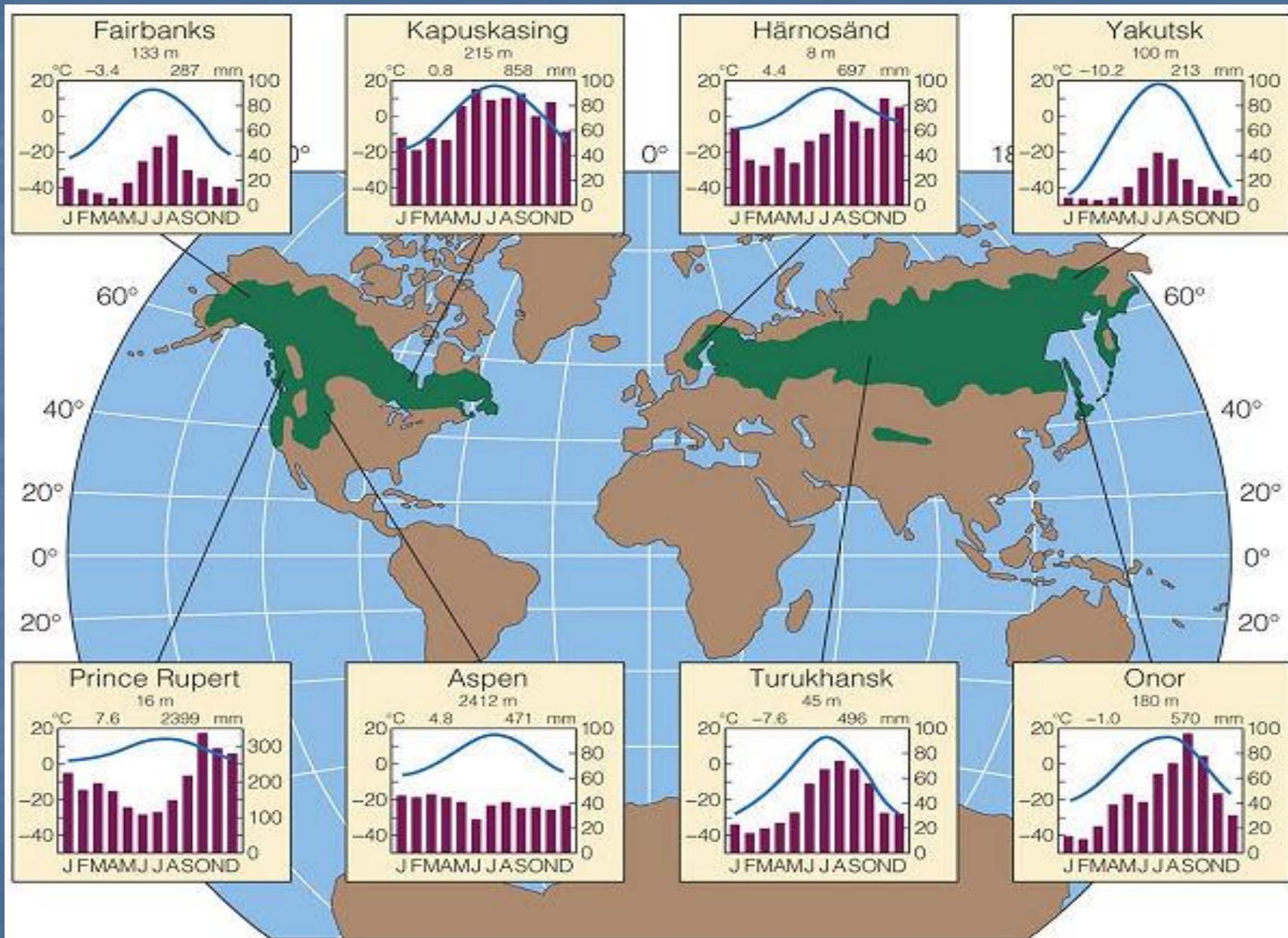


Steppe della Mongolia

Puzta ungherese



Foreste di conifere



Foresta di conifere o taiga'

Distribuzione quasi continua tra N America e Eurasia

Inverni lunghi e severi (t° fino a sei mesi < 0°)

Estate brevi (50 - 100 giorni senza ghiaccio)

Ampie variazioni annuali temperatura (da -30°C a +30°C).

Primavera e autunno molto brevi

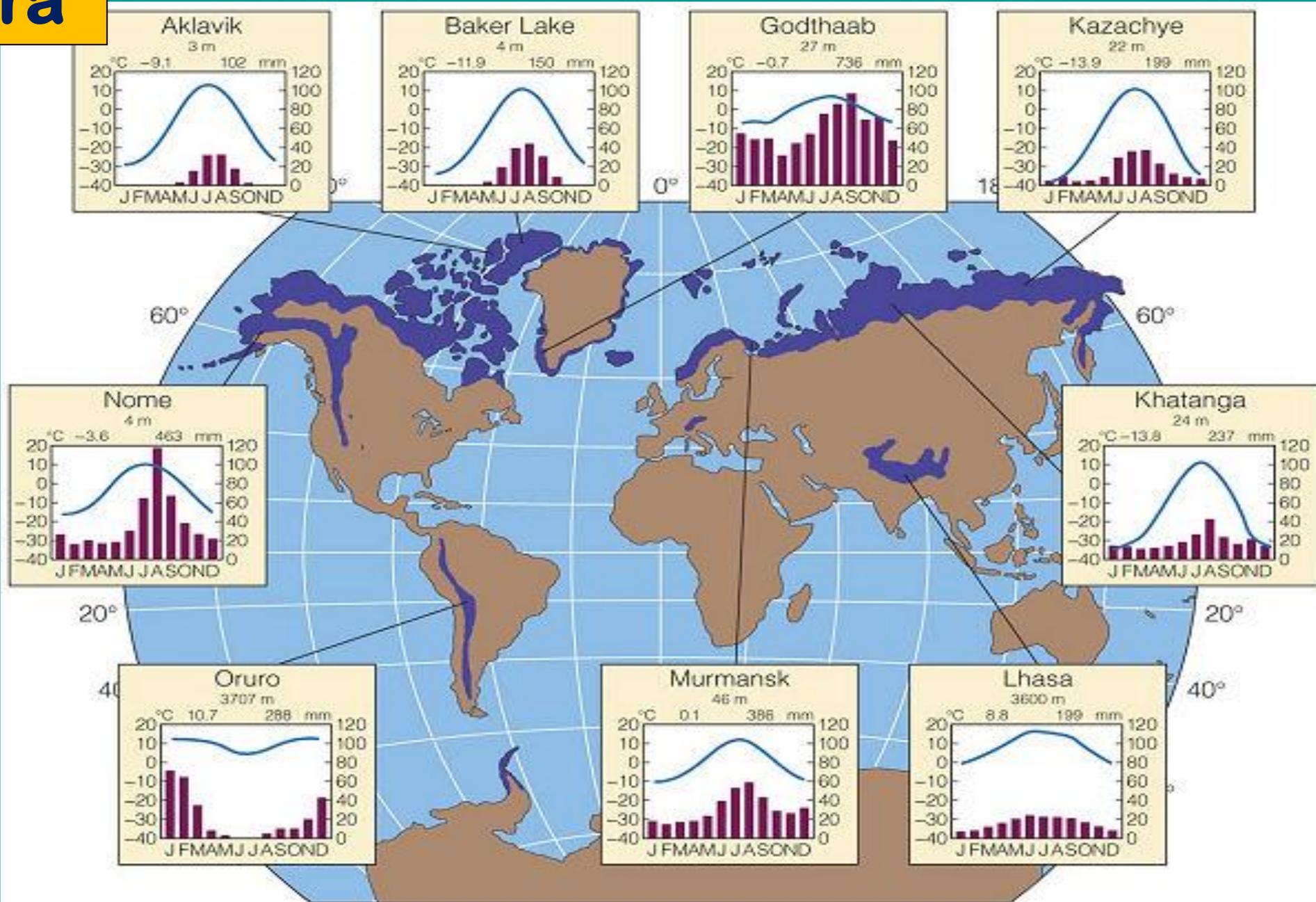


Foresta di conifere

**U.S.A.
Yosemite
National
Park**



Tundra



Tundre polari e delle alte montagne

E' il più giovane bioma, ha circa 11.000 anni

Tra 55 ° e 70 ° N, copre circa il 20% della superficie terrestre, attorno al Polo Nord. Piccola area in Antartide, ma a causa del > freddo rispetto al Polo N, il terreno è sempre coperto di neve e ghiaccio.

La media annua temperature è - 18°.

Inverno freddo e buio, estate impaludamento che attira migliaia insetti e molti uccelli migratori.

Tundre polari e delle alte montagne

Temperature $> 0^{\circ}\text{C}$ da 188 a 55 gg/anno.

Precipitazioni 200 - 250 mm/anno (neve 20-50 cm/anno)

Polo freddo: Verchojanski-Oimejkon: -16°C media anno

Periodo vegetativo massimo: 3 mesi.

Permafrost: da 5cm a mx 3m profondità

I venti possono soffiare tra i 50 e 100 Km/h

La tundra scandinava è più calda, con temperature invernali in media -8°

La tundra è fondamentalmente un deserto, per quanto riguarda le precipitazioni.

Tundre polari e delle alte montagne



Islanda - Tundra

Tundra



Salix arctica



Deschampsia arctica

Tundre polari e delle alte montagne



Alpi - Tundra

Praterie alpine

Caratterizzate da piante erbacee e piccoli arbusti

Sono tipi di vegetazione stabili, limitati nella loro evoluzione dal severo clima d'altitudine



Praterie alpine

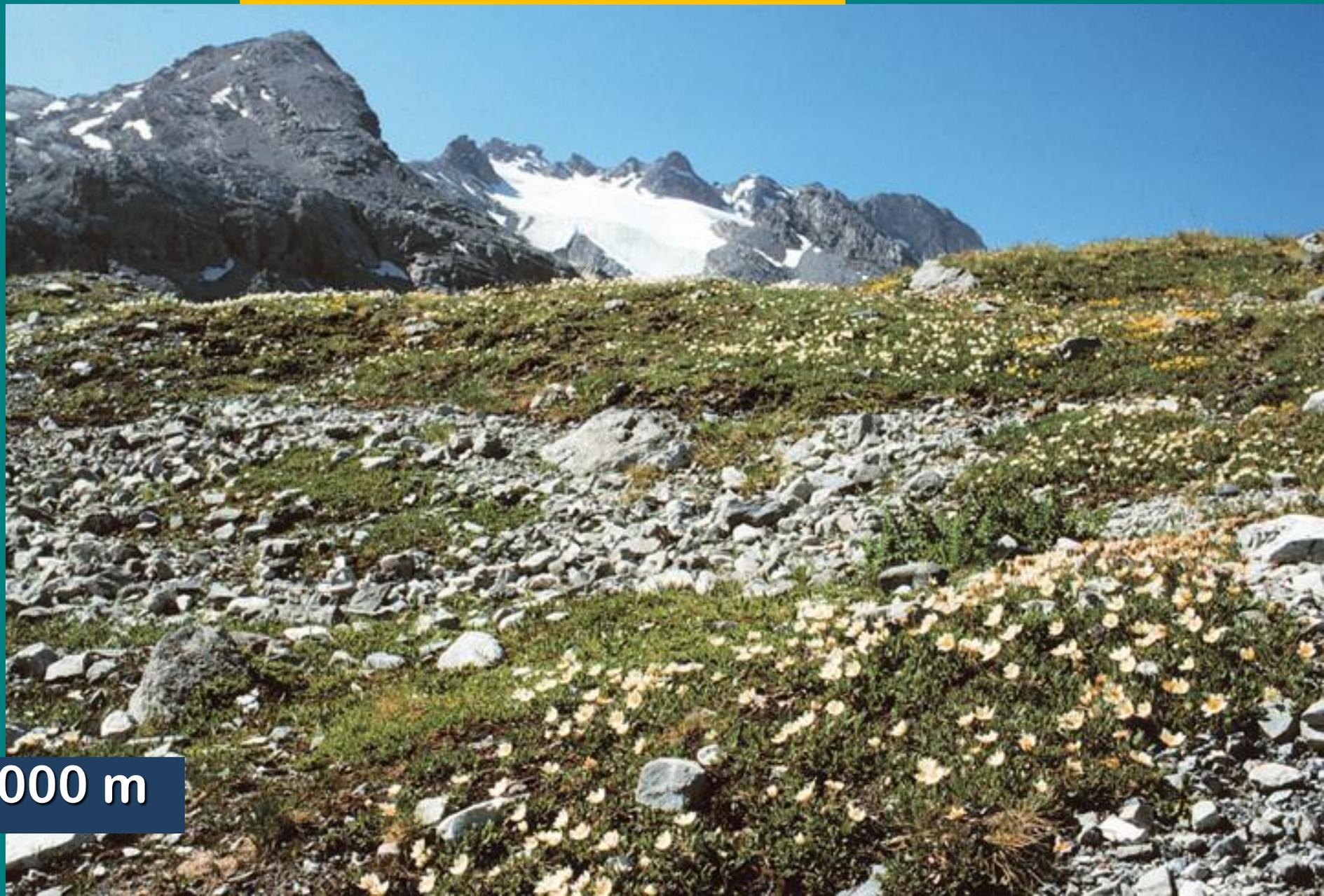
I suoli sono poco profondi, per cui l'influenza della composizione chimica del substrato roccioso è notevole

Vi sono comunità

- **calcicole** (o basifila, cioè amante di suoli basici ricchi di calcio, derivanti da rocce calcareo-dolomitiche)
- **silicicole** (o acidofila, cioè amante di suoli acidi poveri di calcio, derivanti da rocce silicee).

Praterie alpine

**PRATERIE
CALCIFILE
(esempio)**



Firmeto 2000 - 3000 m

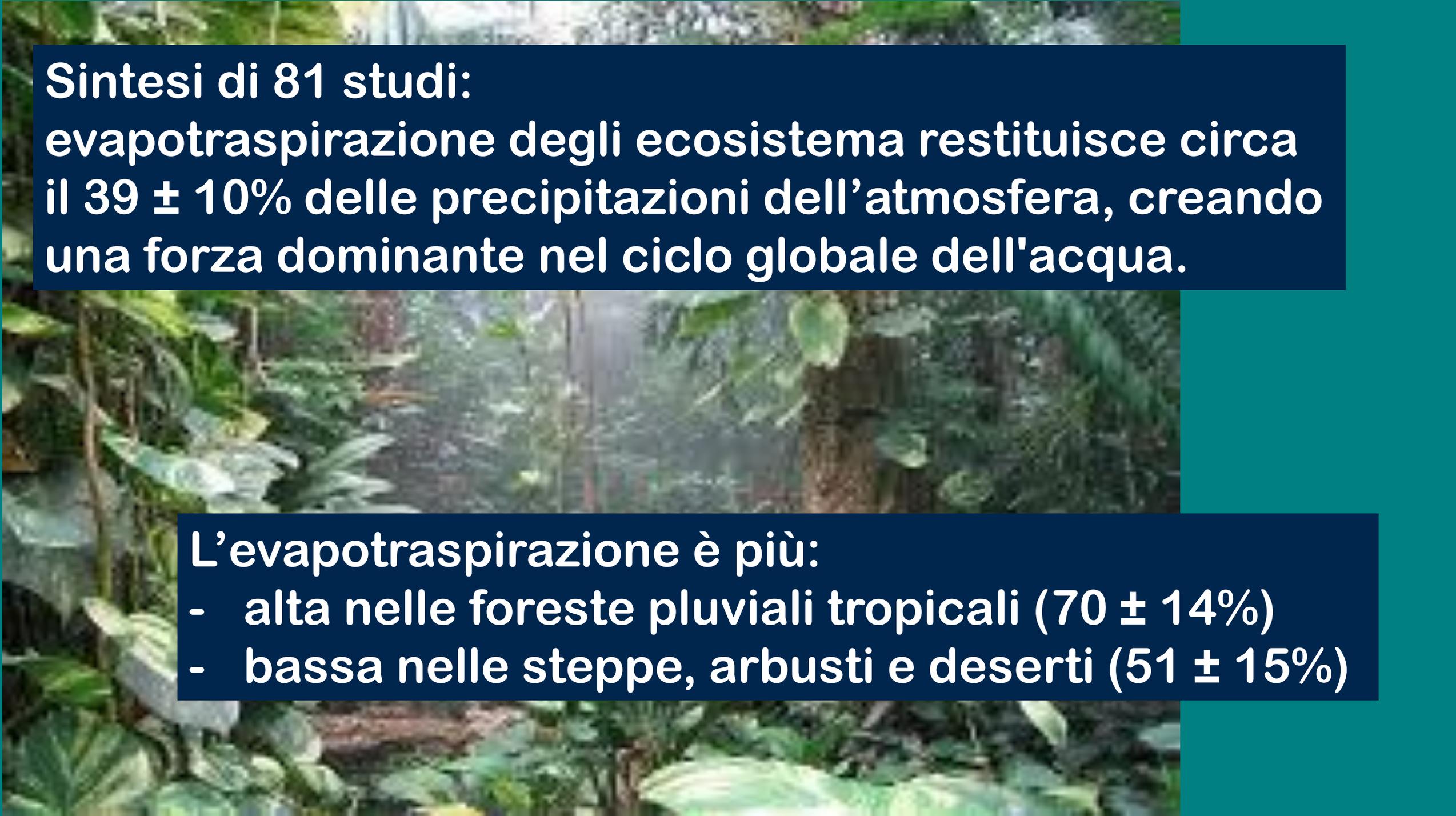
Praterie alpine

A photograph of an alpine meadow. The foreground is filled with numerous bright yellow flowers, likely Edelweiss, growing in a lush green field. The background shows a valley with steep, rocky slopes covered in patches of snow and green vegetation. The sky is blue with scattered white clouds.

**PRATERIE
ACIDOFILE
(esempio)**

Curvuleto fino a 3000 m

Sintesi

A background image of a lush tropical forest with a waterfall. The scene is filled with green foliage and a misty atmosphere. A dark blue text box is overlaid on the top left, and another dark blue text box is overlaid on the bottom right.

Sintesi di 81 studi:

evapotraspirazione degli ecosistema restituisce circa il $39 \pm 10\%$ delle precipitazioni dell'atmosfera, creando una forza dominante nel ciclo globale dell'acqua.

L'evapotraspirazione è più:

- alta nelle foreste pluviali tropicali ($70 \pm 14\%$)**
- bassa nelle steppe, arbusti e deserti ($51 \pm 15\%$)**

Modifiche traspirazione dovute a:

- aumento delle concentrazioni di CO₂,
- cambiamenti nell'uso del suolo,
- spostamento delle ecozone
- riscaldamento climatico

provocano impatti significativi sul deflusso e sulla ricarica delle acque sotterranee.





Arnica montana

Pulsatilla vernalis



Grazie per l'attenzione