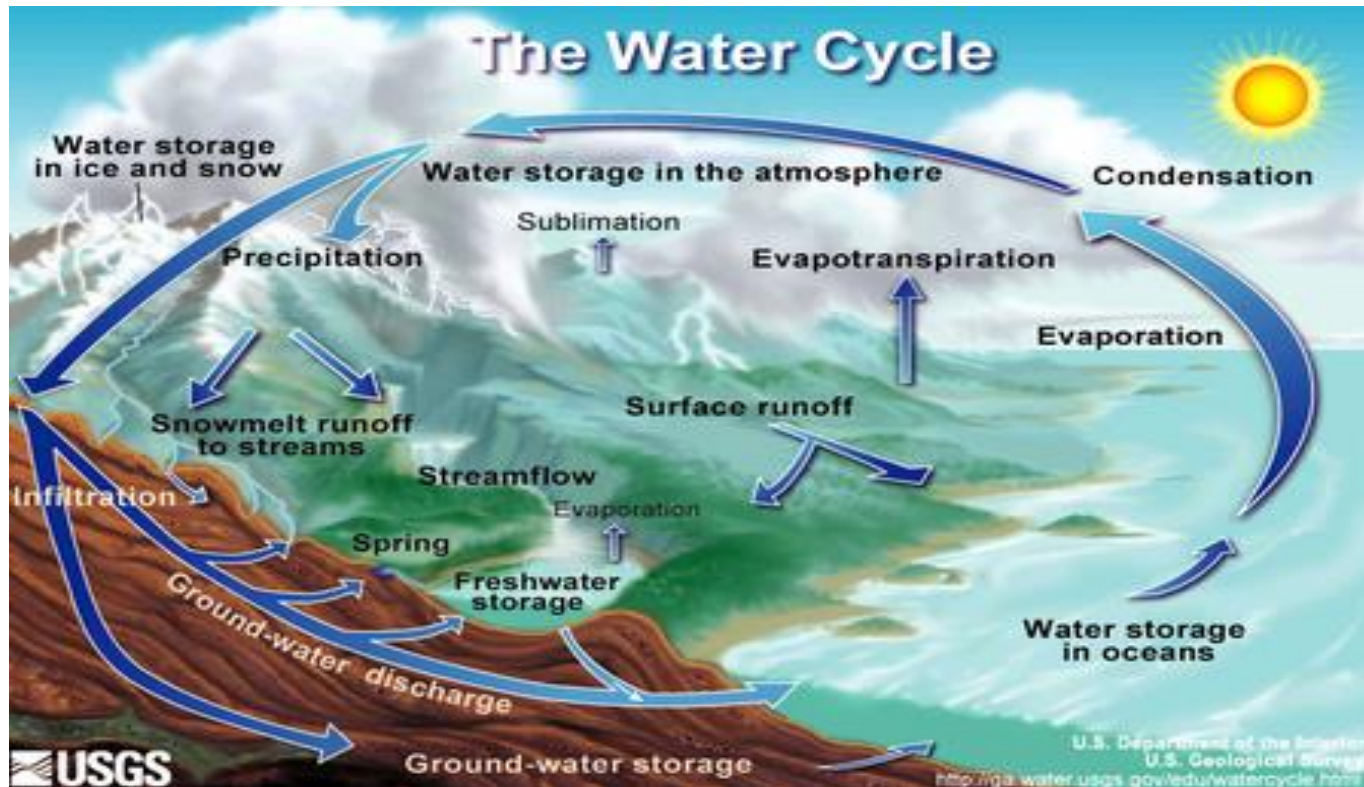


# CICLI BIOGEOCHIMICI

# Ciclo Idrologico

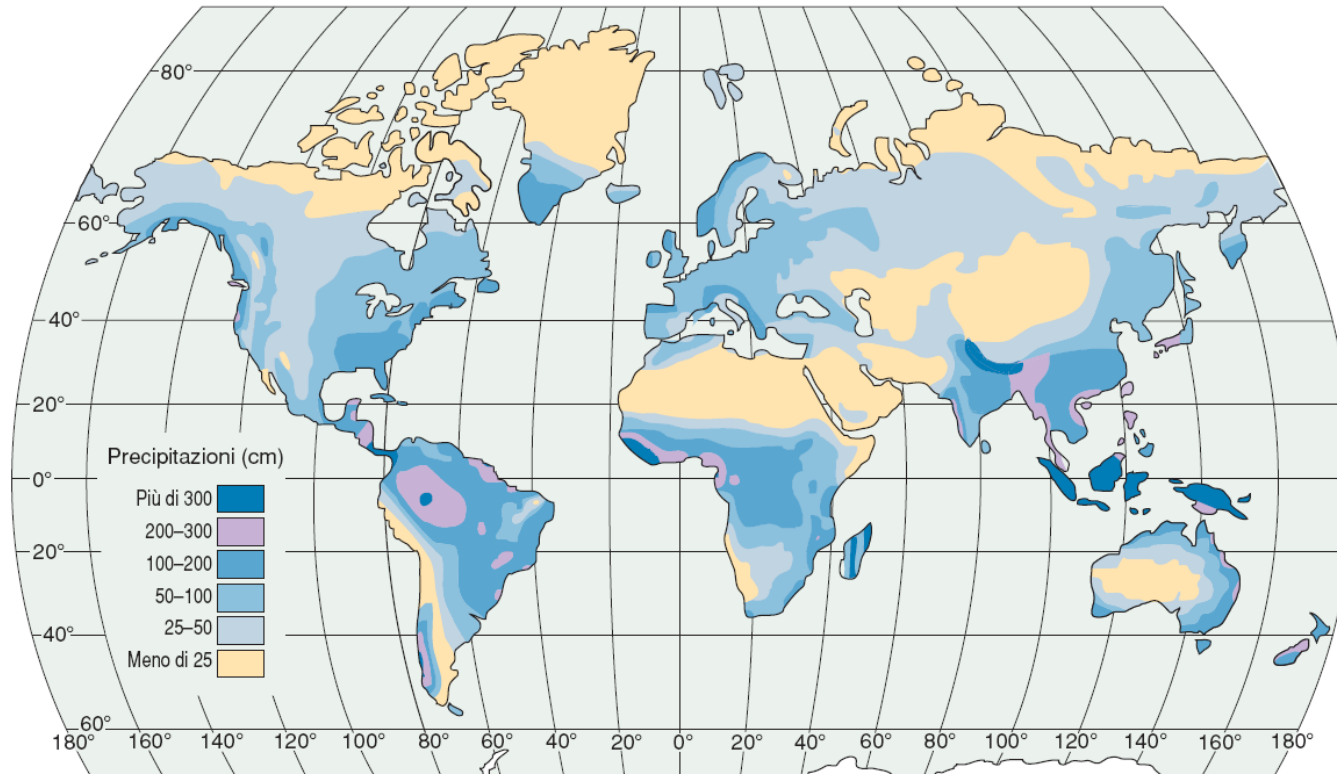
- ▶ Descrive la circolazione dell'acqua come:
  - ▶ Evaporazione dalla terra, dall'acqua e dagli organismi. (Traspirazione dalle piante)
    - ▶ Entra nell'atmosfera.
    - ▶ Condensa e precipita nuovamente sulla superficie della terra.
      - ▶ Si muove sottoterra attraverso l'infiltrazione oppure in superficie scorrendo in fiumi, laghi e mari.



# Ciclo Idrologico

- ▶ L'energia solare governa il Ciclo Idrologico attraverso l'evaporazione dell'acqua superficiale.
  - ▶ **Evaporazione** - Processo di passaggio da liquido a vapore ad una temperatura inferiore al punto di ebollizione.
  - ▶ **Sublimazione** - Processo di passaggio da solido a stato gassoso senza passare dalla fase liquida.
    - ▶ *Freezer Burn*
- ▶ **Umidità** - Percentuale di vapore acqueo nell'aria.
  - ▶ **Punto di Saturazione** - Quando un volume d'aria contiene il massimo vapore acqueo che può contenere a una determinata temperatura.
  - ▶ **Umidità Relativa** - La percentuale di vapore acqueo nell'aria espresso come percentuale rispetto alla quantità massima che può essere contenuta a quella temperatura.
- ▶ **Punto di Rugiada** - Temperatura alla quale la condensazione avviene per una data quantità di acqua.
  - ▶ **Nuclei di Condensazione** - Particelle sottili che facilitano la condensazione.
    - ▶ Fumo, polvere, aerosol marini, spore.

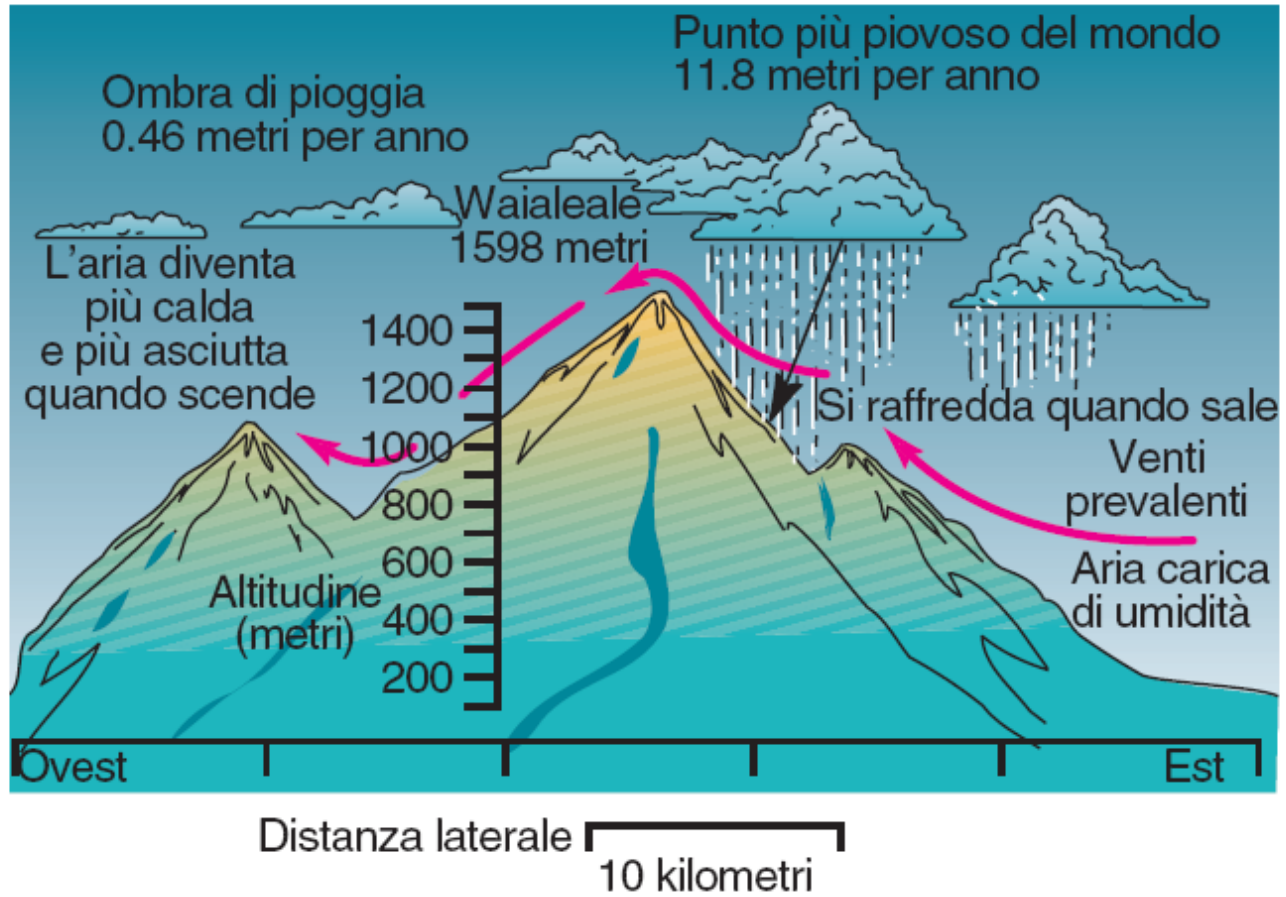
# Precipitazioni Medie Annue



# Regioni con Abbondanza e Regioni con Deficit Idrico

- ▶ Le montagne agiscono sia come agenti di formazione delle nuvole sia come agenti di raccolta di pioggia.
  - ▶ L'aria spazza il versante controvento di una montagna, la pressione diminuisce, e l'aria si raffredda.
    - ▶ Eventualmente si raggiunge il punto di saturazione e l'umidità nell'aria condensa.
      - ▶ La pioggia cade sulla cima della montagna.
        - ▶ L'aria asciutta e secca discende e si scalda, assorbendo l'umidità da altre fonti. (**Ombra di Pioggia**)

## Ombra di Pioggia



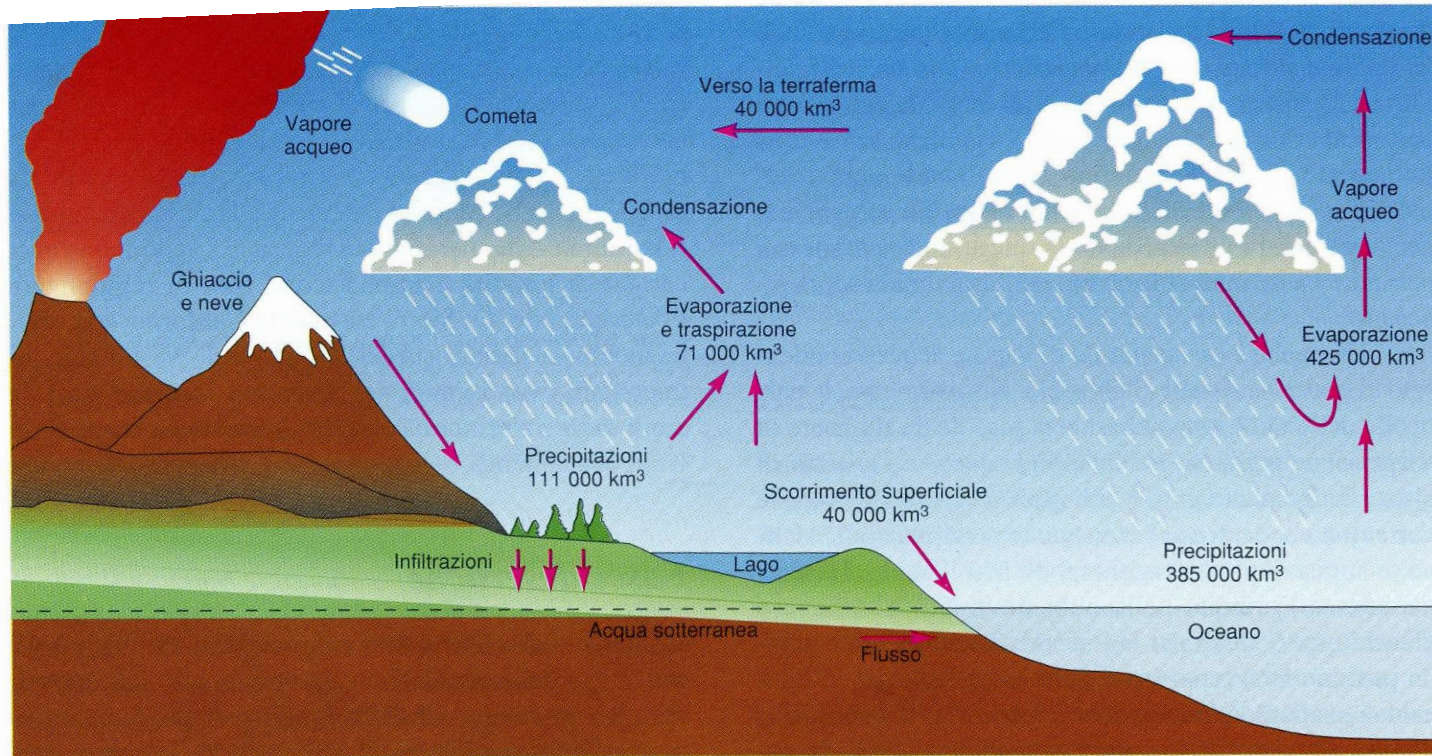


FIGURA 5.1 Nel ciclo idrologico l'acqua si muove costantemente tra i comparti acquatici, atmosferici e terrestri per azione dell'energia solare e della gravità. Il totale scorrimento annuale dalla terra agli oceani è di circa  $2.3 \cdot 10^{18}\text{ m}^3$ .

**TABELLA 5.1** Comparti idrici sulla Terra. Volumi stimati d'acqua immagazzinata, percentuale sul totale e tempo medio di residenza

	VOLUME (MIGLIAIA DI KM <sup>3</sup> )	% RISPETTO ALL'ACQUA TOTALE	TEMPO MEDIO DI RESIDENZA
Totale	1 403 377	100.0000	2800 anni
Oceani	1 370 000	97.6000	da 3000 anni a 30 000 anni*
Neve e ghiaccio	29 000	2.0700	da 1 a 16 000 anni*
Acqua sotterranea	4000	0.2800	da giorni a migliaia di anni*
Laghi e riserve	125	0.0090	da 1 a 100 anni*
Laghi salmastri	104	0.0070	da 10 a 1000 anni
Umidità del suolo	65	0.0050	da 2 settimane a un anno
Umidità biologica in piante e animali	65	0.0050	1 settimana
Atmosfera	13	0.0010	da 8 a 10 giorni
Paludi e marcite	3.6	0.0030	da mesi ad anni
Fiumi e ruscelli	1.7	0.0001	da 10 a 30 giorni

\* Dipende dalla profondità e da altri fattori.



## ► Oceani

- Insieme, gli oceani contengono più del 97% di tutta l'acqua liquida del mondo.
  - Contiene il 90% della biomassa vivente mondiale.
  - Moderano la temperatura terrestre.
- Il tempo di residenza medio dell'acqua negli oceani è di circa 3 mila anni.

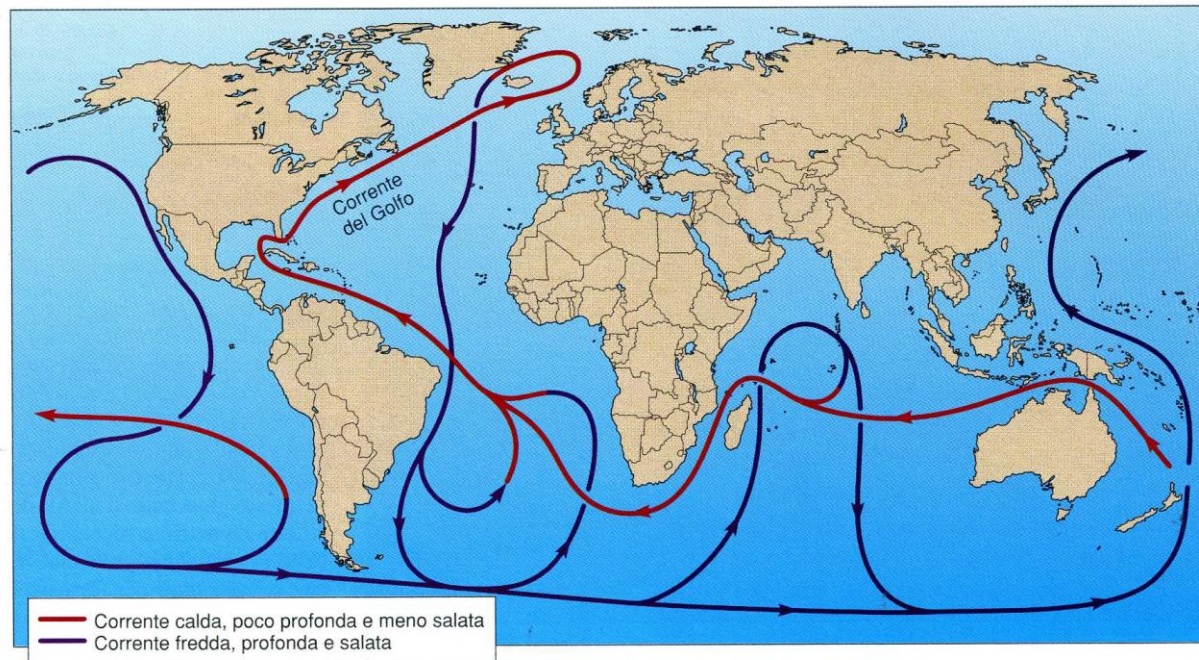


FIGURA 5.4 Le correnti oceaniche agiscono come un sistema convettore globale, ridistribuendo acqua calda e fredda su tutto il pianeta. Queste correnti regolano il nostro clima. La Corrente del Golfo, per esempio, mantiene il nord Europa più mite del Canada del Nord.

## ► Ghiacciai, Ghiaccio e Neve

- 2,4% dell'acqua mondiale è acqua dolce.
  - 90% nei ghiacciai, nelle calotte polari e nella neve.
    - In un periodo relativamente recente (18 mila anni fa), un terzo delle terre continentali era ricoperto da una coltre di ghiaccio.
      - Attualmente, i ghiacciai antartici contengono circa 85% di tutto il ghiaccio della Terra.
  - Il ghiaccio marino si forma dall'acqua dell'oceano, ma i sali sono esclusi durante il processo di congelamento.

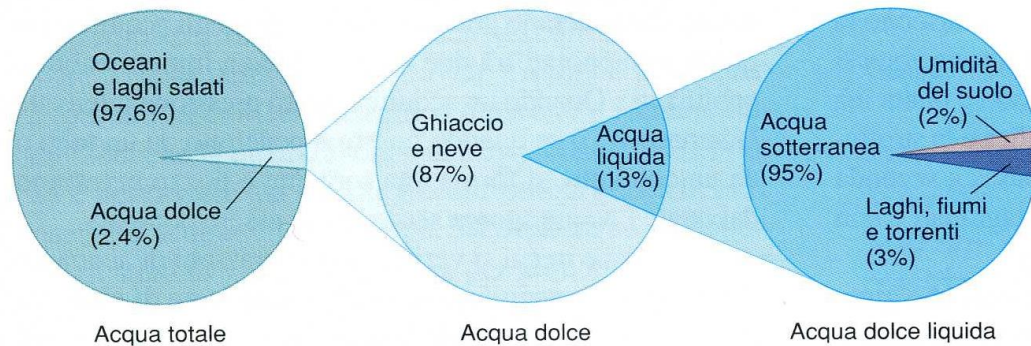
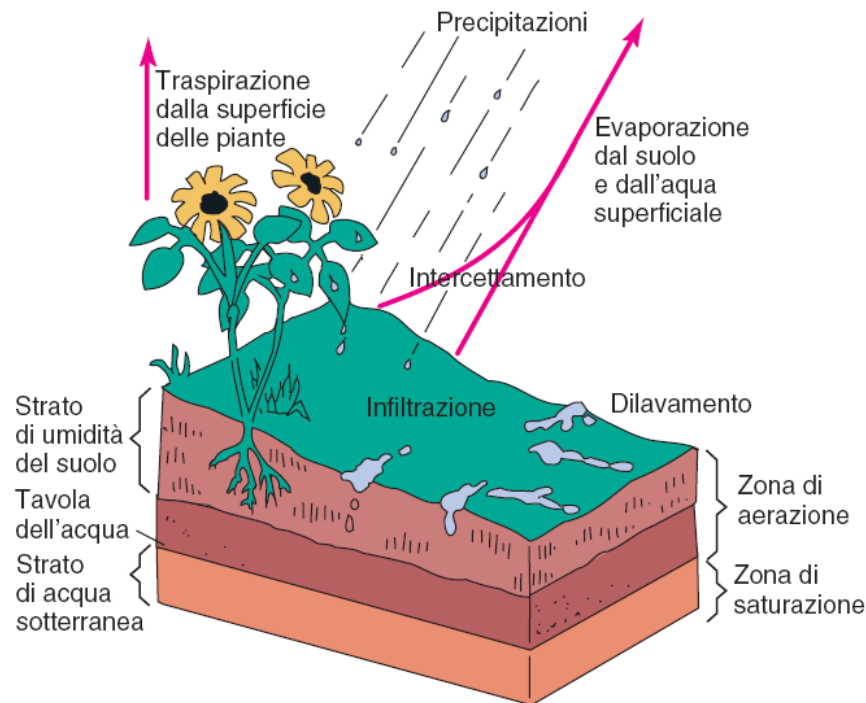


FIGURA 5.6 L'acqua facilmente accessibile dei laghi, dei fiumi e dei ruscelli rappresenta lo 0.28% di tutta l'acqua presente nella biosfera. Essa rappresenta, infatti, solamente il 3% di tutta l'acqua dolce liquida, che costituisce il 13% di tutta l'acqua dolce, che costituisce il 2.4% di tutta l'acqua.

# Acque Sotterranee

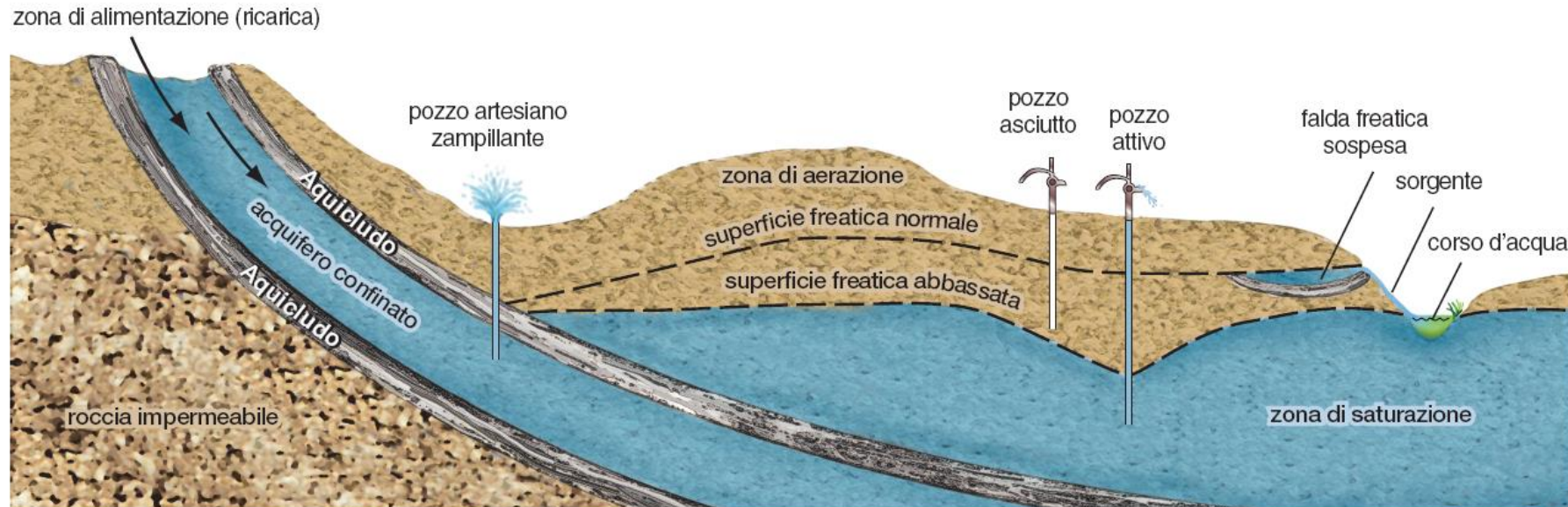
- ▶ Sono la seconda maggiore riserva di acqua dolce.
  - ▶ **Infiltrazione** - Processo di percolamento dell'acqua attraverso i suoli e attraverso le fratture e le rocce permeabili.
  - ▶ **Zone di Aerazione** - Strati superficiali del suolo che contengono sia aria sia acqua.
    - ▶ **Zone di Saturazione** - Strati più profondi del suolo nei quali tutti gli spazi sono occupati da acqua.
      - ▶ **Tavolo d'Acqua** - La parte superiore della Zona di Saturazione.



# Acque Sotterranee

12

- ▶ **Acquiferi** - Strati porosi di sabbia, ghiaia o roccia presenti sotto la tavola d'acqua.
  - ▶ **Pozzo Artesiano** - Acquifero pressurizzato che raggiunge la superficie. (L'acqua sgorga senza bisogno di essere pompata)
- ▶ **Zone di Ricarica** - Aree dove l'acqua si infiltra all'interno di un acquifero.
  - ▶ Il tasso di ricarica è generalmente molto lento.
  - ▶ Al momento, in molte zone le acque sotterranee vengono rimosse più velocemente rispetto al tempo di ricarica.



- ▶ Le precipitazioni che non evaporano e non si infiltrano nel suolo scorrono sulla superficie, tornando verso il mare.
  - ▶ La misura più appropriata del volume d'acqua trasportato da un fiume è la **portata**.
    - ▶ La quantità di acqua che attraversa una sezione fissa in un certo periodo di tempo.
      - ▶ Generalmente viene espressa come metri cubi di acqua al secondo.

**TABELLA 5.2** Alcuni dei più grandi fiumi del mondo

FIUME	PAESI ALL'INTERNO DEL BACINO IDROGRAFICO	MEDIA ANNUALE DELL'ACQUA SCARICATA ALLA FOCE*
Rio delle Amazzoni	Brasile, Perù	175 000
Orinoco	Venezuela, Colombia	45 300
Congo	Congo	39 200
Fiume Giallo	Tibet, Cina	28 000
Bramaputra	Tibet, India, Bangladesh	19 000
Mississippi	USA	18 400
Mekong	Cina, Laos, Birmania, Thailandia, Cambogia, Vietnam	18 300
Paranà	Paraguay, Argentina	18 000
Yenisey	Russia	17 200
Lena	Russia	16 000
Irrawaddy	Birmania	13 000
Ob	Russia	12 000
Gange	Nepal, India, Bangladesh	11 600
Amur	Cina, Russia	11 000
S. Lorenzo	Canada, USA	10 700
Mackenzie	Canada	9 600

\* In metri cubi al secondo (m<sup>3</sup>/s).

Fonte: dati forniti dal World Resources Institute.

## Laghi e Stagni

- ▶ Gli stagni sono generalmente considerati come piccoli corpi d'acqua poco profondi da permettere alle piante acquatiche di ricoprire tutto il loro fondale.
- ▶ I laghi sono depressioni della terra che contengono acqua dolce tutto l'anno.
  - ▶ Sia i laghi sia gli stagni verranno nel tempo riempiti dal sedimento oppure svuotati da cambiamenti del corso degli immissari.

## Zone Umide

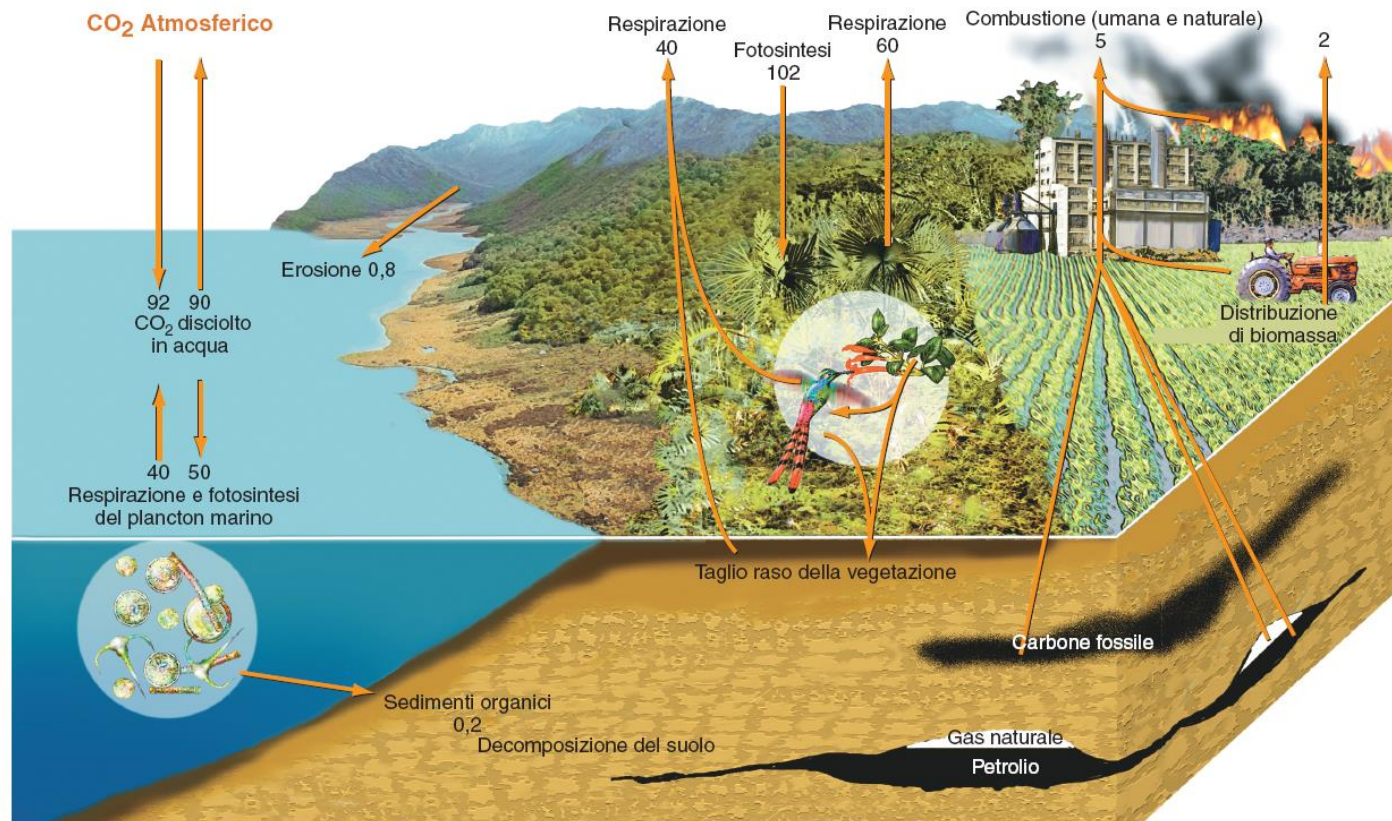
- ▶ Giocano un ruolo fondamentale nel ciclo idrologico.
  - ▶ La crescita di vegetazione lussureggiante stabilizza il suolo e ritarda il dilavamento, permettendo più infiltrazioni all'acquifero.
    - ▶ Se le zone umide sono disturbate la loro capacità naturale di assorbimento dell'acqua si riduce, causando allagamenti ed erosioni nel periodo piovoso, lasciando meno acqua corrente nei periodi secchi.

## L'Atmosfera

- ▶ Fra i più piccoli serbatoi di acqua.
  - ▶ Contiene < 0,001% del rifornimento idrico totale.
  - ▶ Ha il più rapido tempo di ricambio.
  - ▶ Fornisce il meccanismo per la distribuzione dell'acqua dolce sulla terraferma e il riempimento delle riserve terrestri.

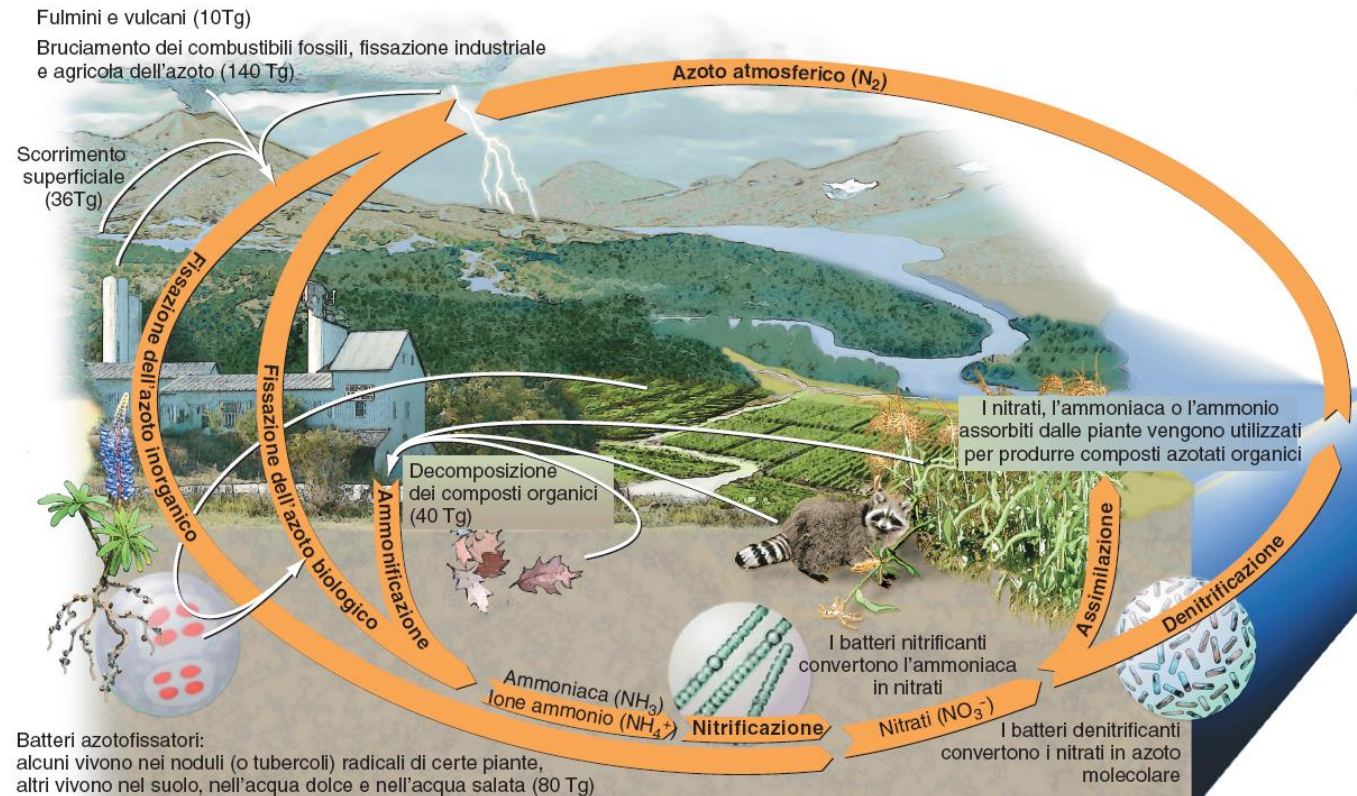
# Ciclo del Carbonio

- ▶ Inizia con l'utilizzo della  $\text{CO}_2$  durante la fotosintesi. Gli atomi di carbonio sono incorporati nel glucosio e successivamente:
  - ▶ Rimangono nel materiale vegetale finché non muore.
    - ▶ Mangiato dai predatori
    - ▶ Respirazione
    - ▶ Escrezione
    - ▶ Incorporato
      - ▶ Morte (Decompositori)



# Ciclo dell'Azoto

- ▶ Le piante prelevano azoto inorganico dall'ambiente e fabbricano proteine che vengono successivamente mangiate dai consumatori.
  - ▶ I batteri azotofissatori combinano l'azoto molecolare con l'idrogeno trasformandolo in forme meno mobili e maggiormente utilizzabili come l'ammoniaca. Queste forme vengono utilizzate per fabbricare aminoacidi.
    - ▶ Nei tessuti radicali degli organismi appartenenti alla famiglia dei fagioli (legumi) vivono batteri azotofissatori.
  - ▶ L'azoto ritorna nell'ambiente:
    - ▶ Morte degli organismi
    - ▶ Escrementi e urina
  - ▶ L'azoto ritorna nell'atmosfera quando i batteri denitrificanti demoliscono i nitrati a gas come  $N_2$  e ossido di azoto ( $N_2O$ ).
    - ▶ Gli uomini hanno alterato profondamente il ciclo dell'azoto usando fertilizzanti sintetici, coltivando azotofissatori e bruciando combustibili fossili.

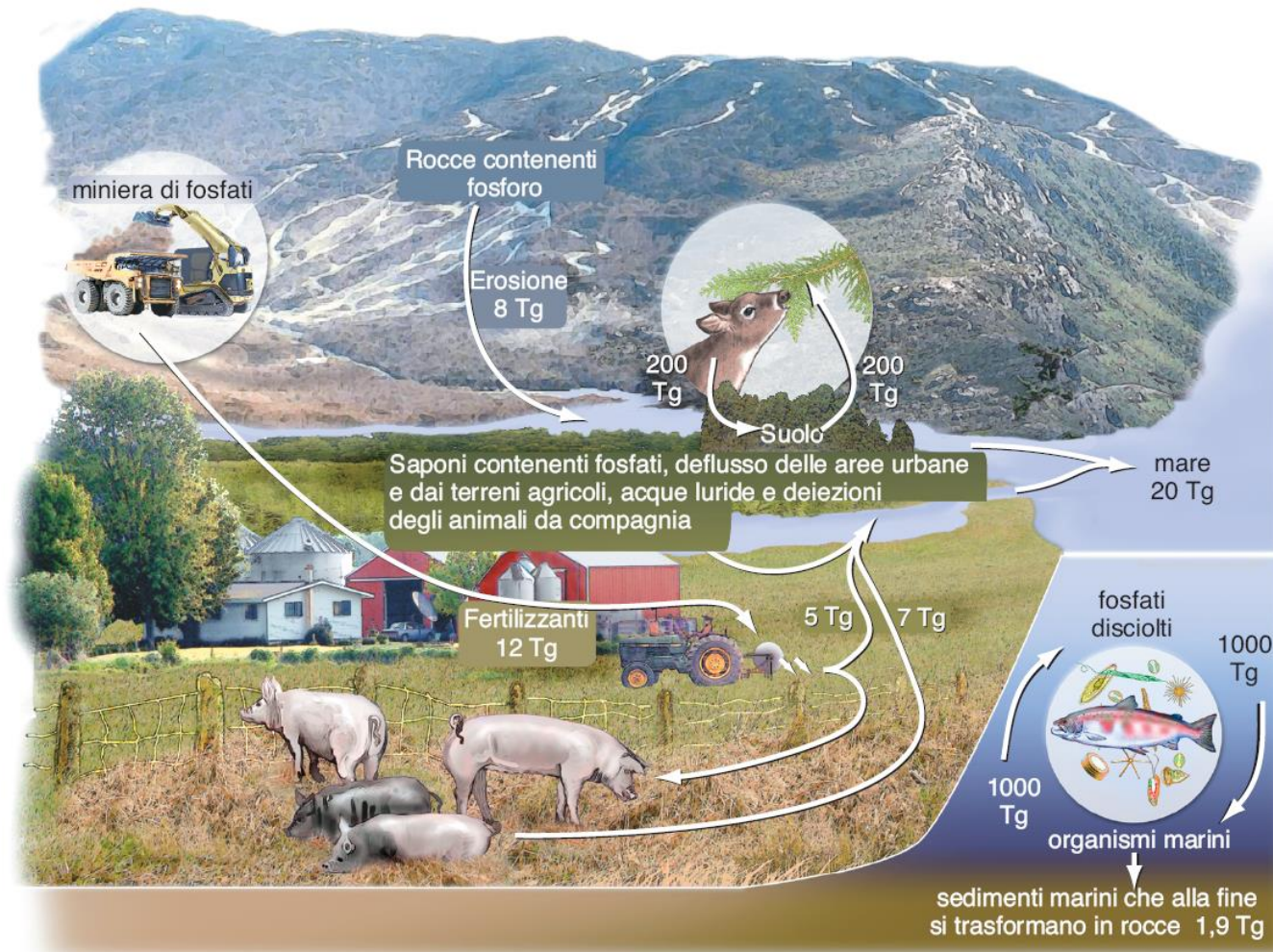




# Ciclo del Fosforo

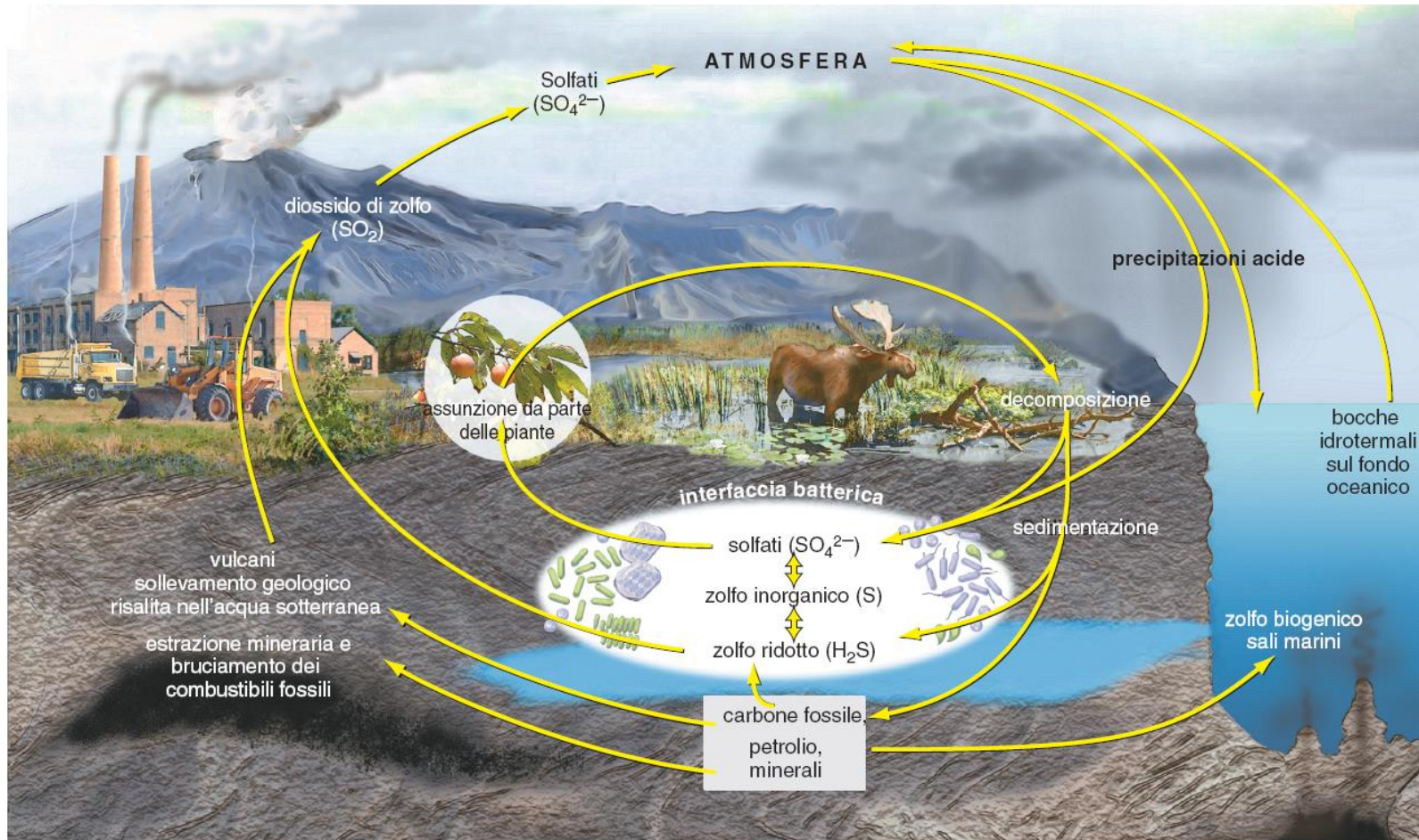
17

- ▶ I composti del fosforo vengono rilasciati dalle rocce e dai minerali e normalmente vengono trasportati in soluzione dalle acque.
  - ▶ Assorbito e incorporato dai produttori.
    - ▶ Passa ai consumatori.
    - ▶ Ritorna nell'ambiente tramite la decomposizione.

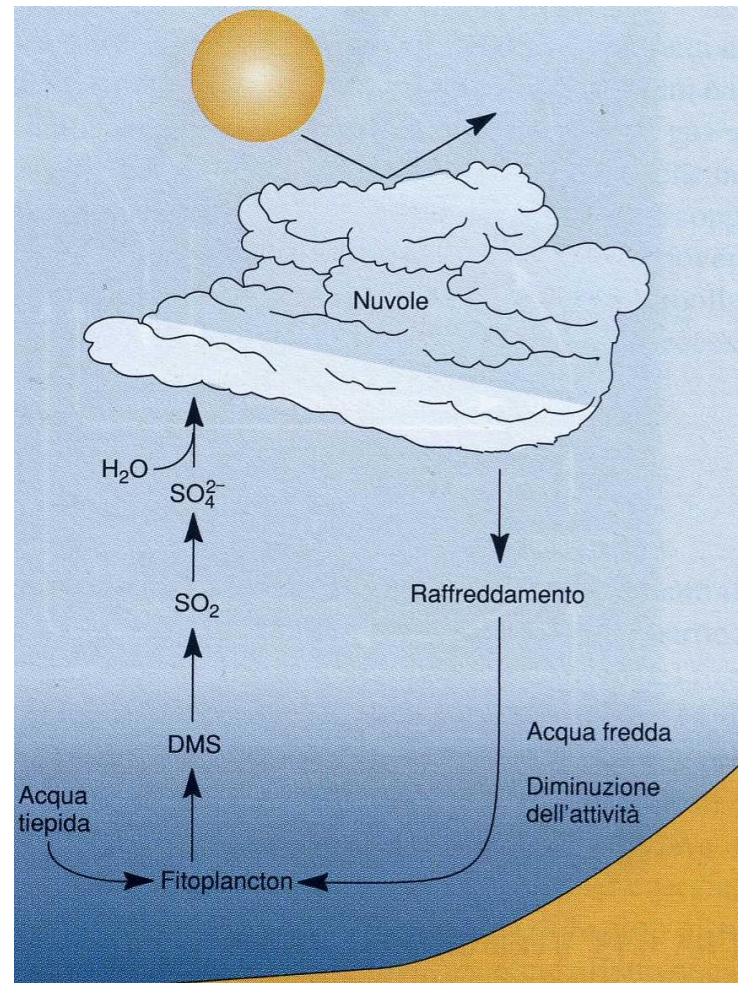


# Ciclo dello Zolfo

- ▶ La maggior parte dello zolfo è segregato nelle rocce e nei minerali. L'azoto inorganico viene rilasciato in atmosfera dall'erosione e dalle eruzioni vulcaniche.
  - ▶ Il ciclo è complicato da un elevato numero di stati di ossidazione che questo elemento può assumere.
  - ▶ Le attività umane rilasciano una grande quantità di zolfo, principalmente bruciando combustibili fossili.
    - ▶ Causa principale delle piogge acide.



► FIGURA 6.20 Il dimetilsolfuro (DMS), prodotto dal fitoplancton oceanico (alge microscopiche unicellulari), può agire da controllo feedback per il clima globale. Quando l'acqua degli oceani diventa tiepida, viene prodotto più DMS, causando nubi che bloccano la luce solare. Meno luce solare significa una Terra più fredda, meno fitoplancton attivo e così meno DMS.

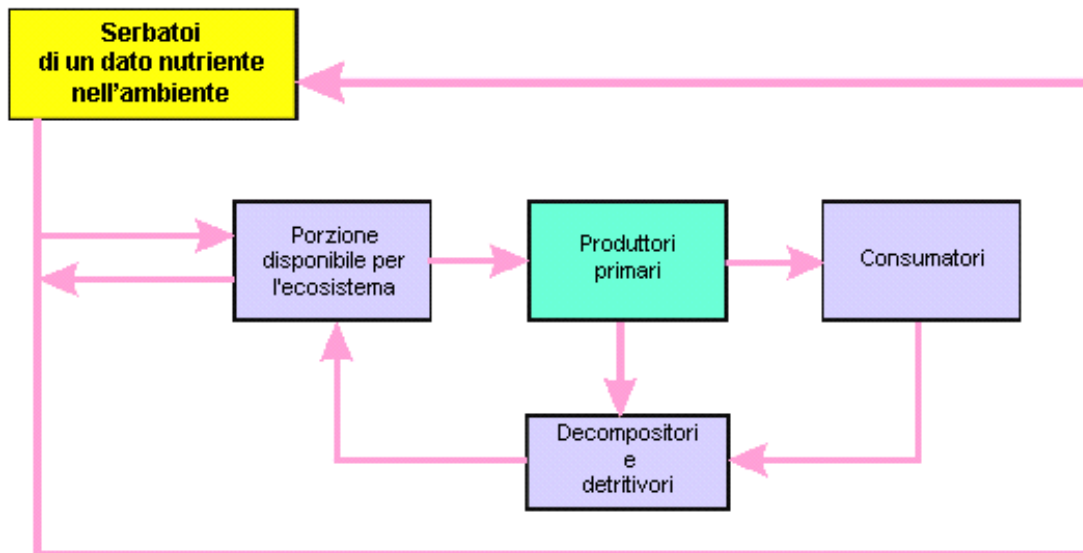


## Ciclo degli elementi essenziali (nutrienti)

Partendo da residui organici il rilascio avviene prima attraverso meccanismi di decomposizione in forma solubile della matrice di partenza e successivamente in forma inorganica.

In una seconda fase questo materiale inorganico viene tramutato in composti che possono essere assorbiti dalle piante e riorganizzati attraverso la fotosintesi.

Ogni elemento, o composto, può essere trasferito direttamente da un organismo all'altro, oppure entrare a far parte di sedimenti e depositi nella litosfera e rimanervi per tempi anche lunghissimi prima di ritornare in circolo



### Bilancio di massa (budget)

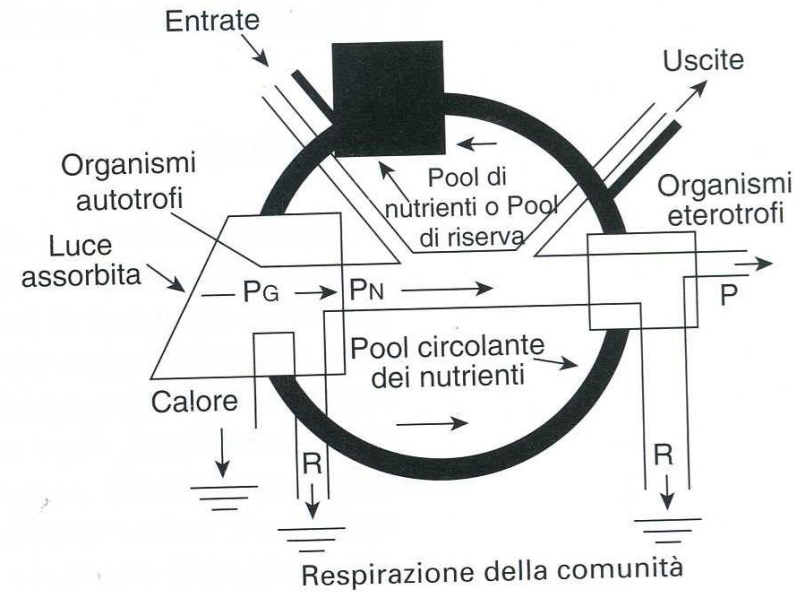
Alcuni ecosistemi in **steady state**:  
*inputs = outputs*

Alcuni ecosistemi **accumulano** in determinati compartimenti:  
*Inputs > outputs = storage (sink)*  
(es. prime fasi successione)

Alcuni ecosistemi **perdono**:  
*Inputs < outputs = loss (source)*  
(es incendi)

## Biogeochimica (Vernadskij, 1926): studio degli scambi di materia fra le componenti viventi e quello non viventi dell'ecosfera

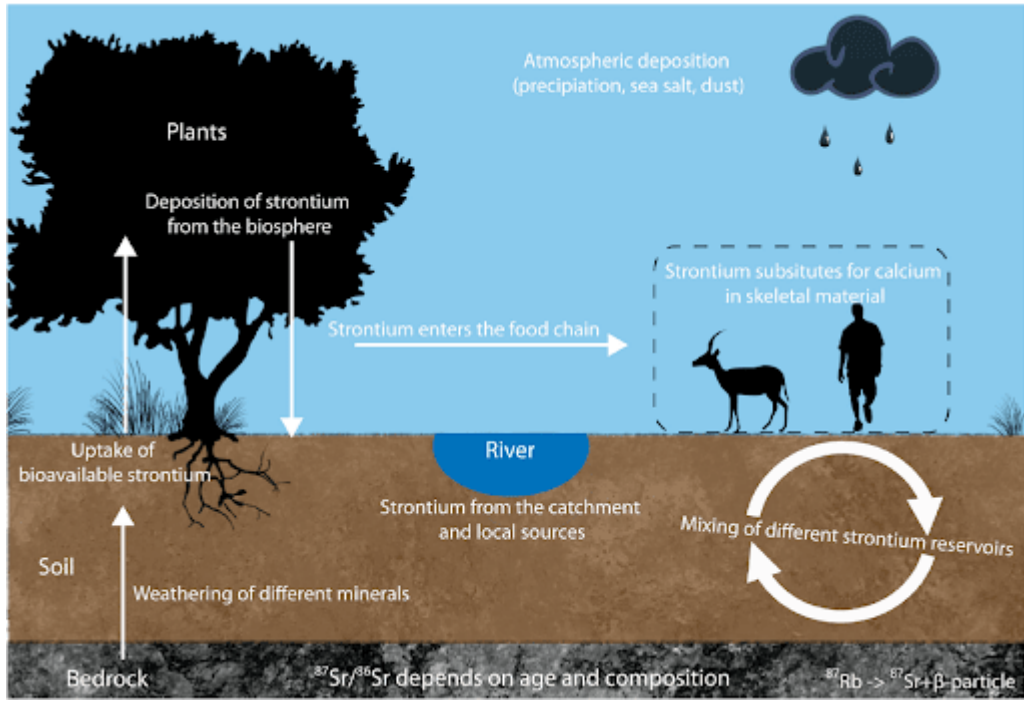
**Figura 4-1.** Ciclo biogeochimico (cerchio in nero) sovrapposto su un diagramma semplificato di flusso energetico; il ciclo della materia è contrastante con il flusso unidirezionale di energia.  $P_G$  = Produzione Primaria Lorda;  $P_N$  = Produzione Primaria Netta;  $P$  = Produzione Secondaria;  $R$  = respirazione (da E. P. Odum, 1963).



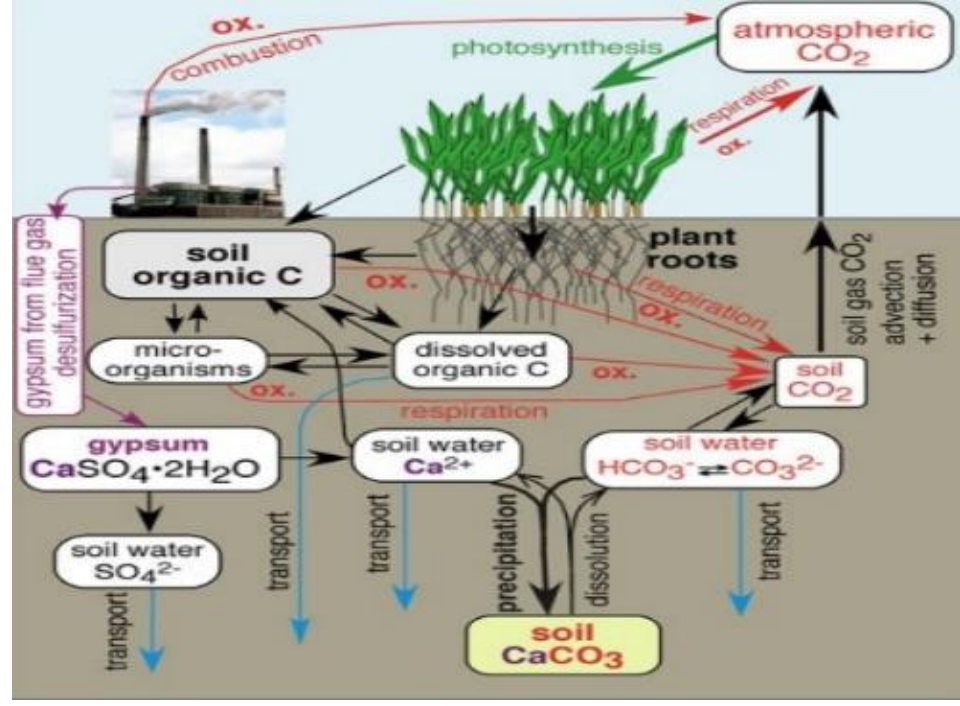
L'uomo ha accelerato il movimento di numerosi elementi, tanto che i processi di autoregolazione risultano stravolti, e i cicli dei nutrienti tendono a diventare **aciclici** (troppo poco qui e troppo altrove).

Inquinamento: risorse fuori posto

# Ciclo degli elementi non essenziali

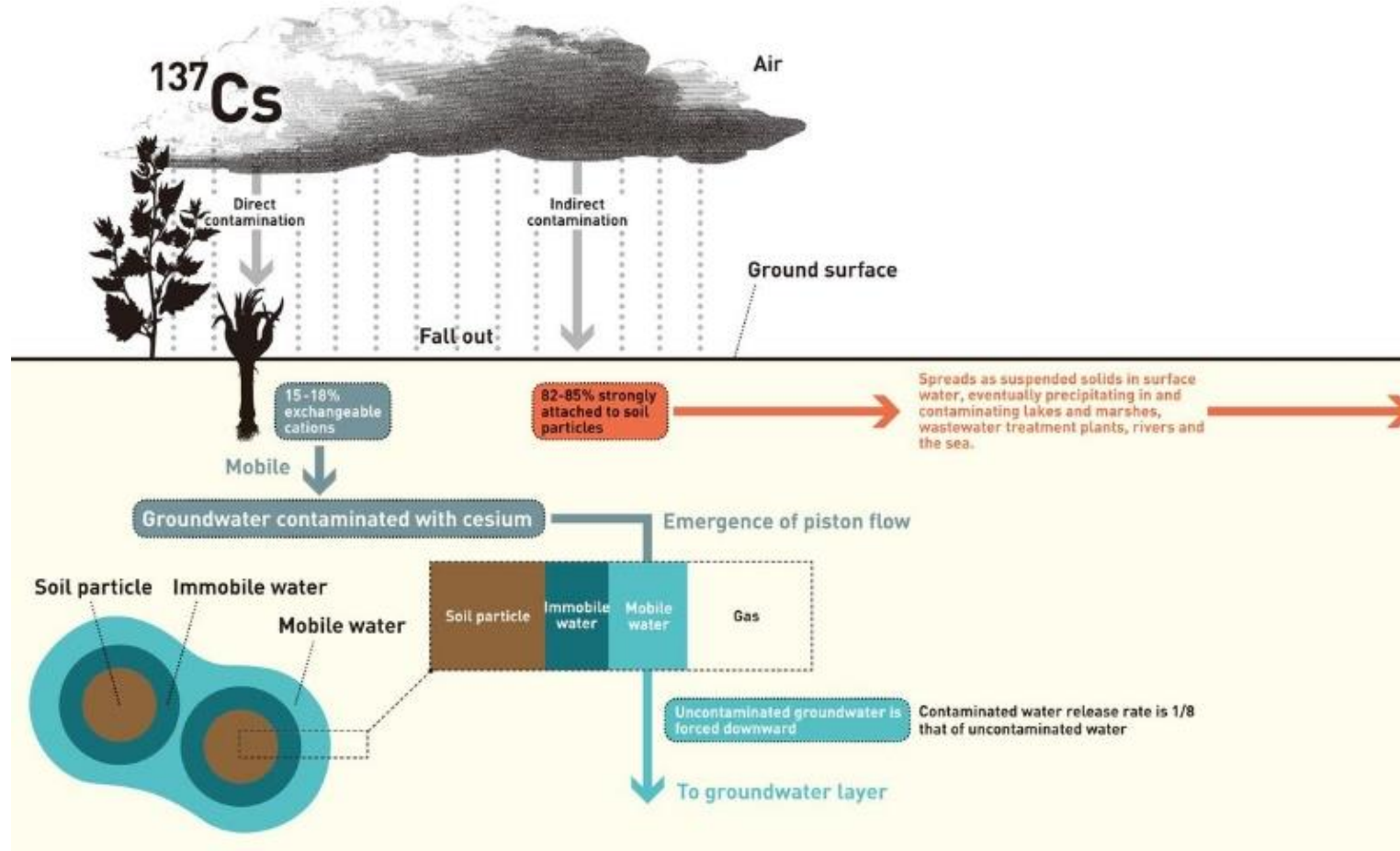


Ciclo Stronzio

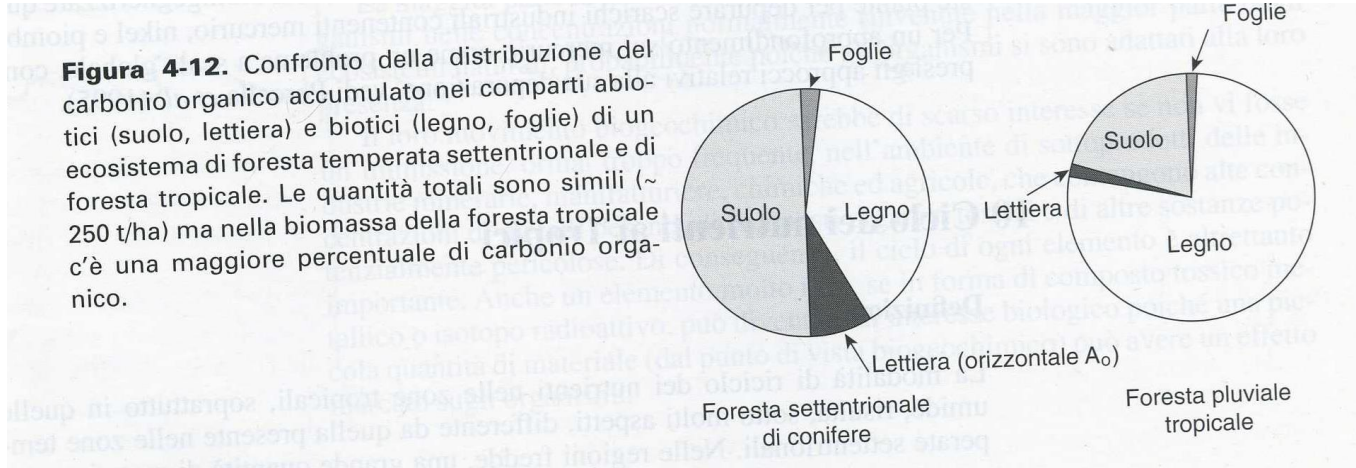


Ciclo Calcio

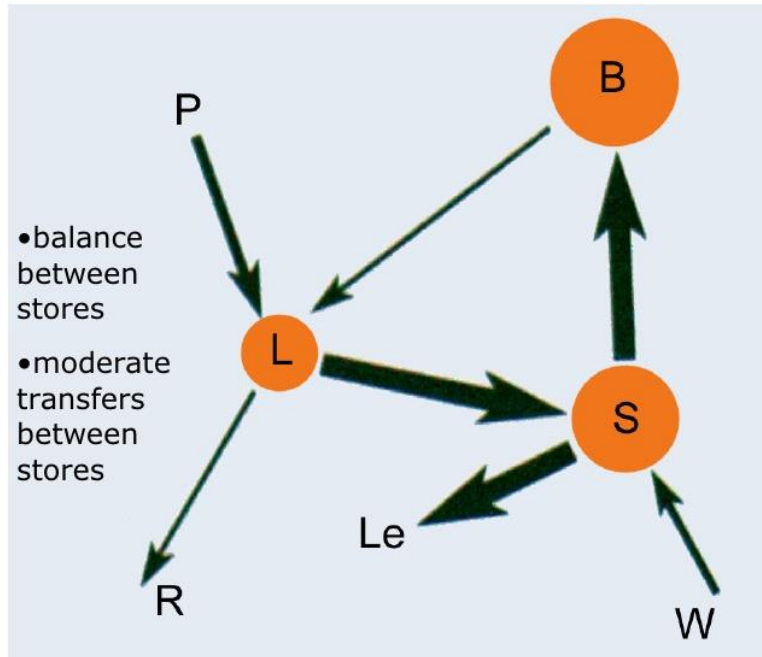
Sr ha stesso comportamento chimico di Ca: Sr90 (fall-out test nucleari) ha seguito Ca nel suo ciclo, accumulandosi nelle ossa dei vertebrati



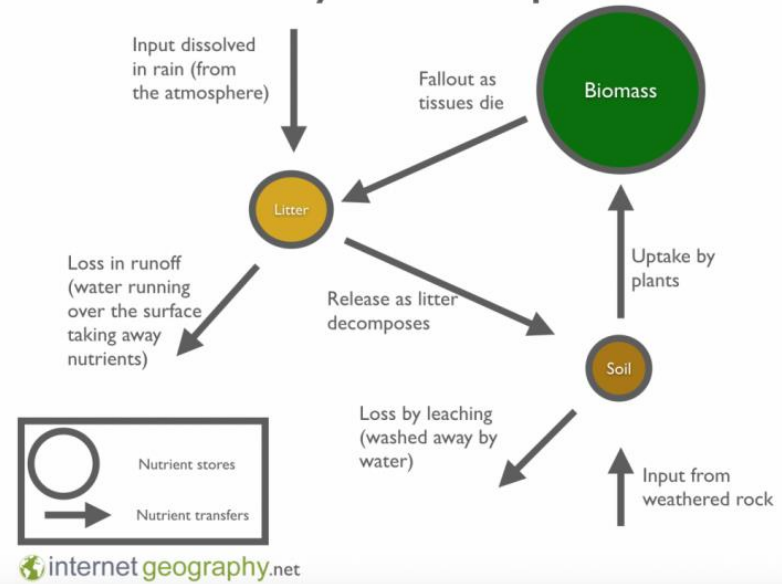
Ciclo Cesio137



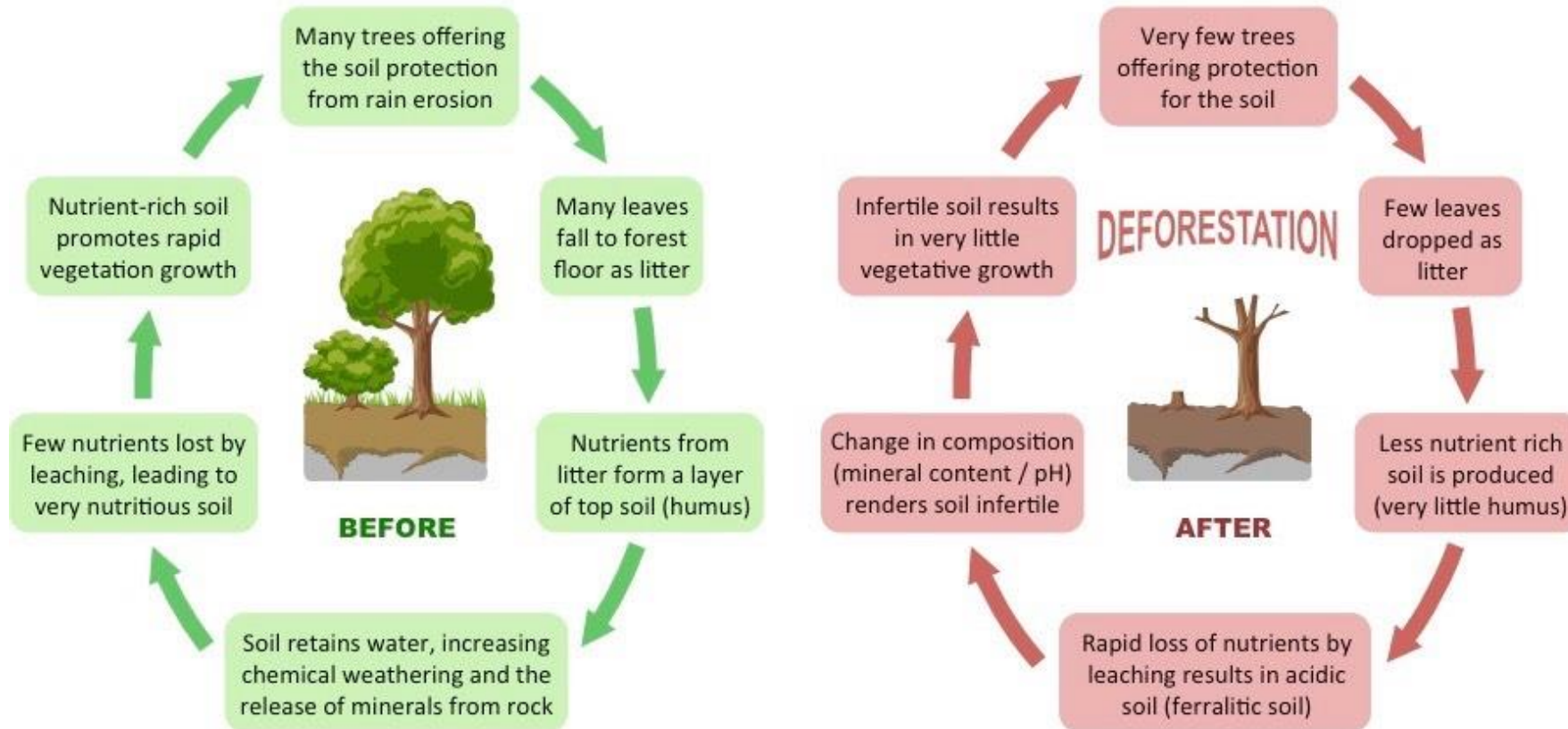
Temperate deciduous forest



### The nutrient cycle in the tropical rainforest







Il controllo del ciclo dei nutrienti è di tipo fisico nelle zone temperate e di tipo biologico in quelle tropicali: nelle regioni temperate il pool di nutrienti è soprattutto nel suolo e nella lettiera, mentre in quelle tropicali è nella biomassa vegetale

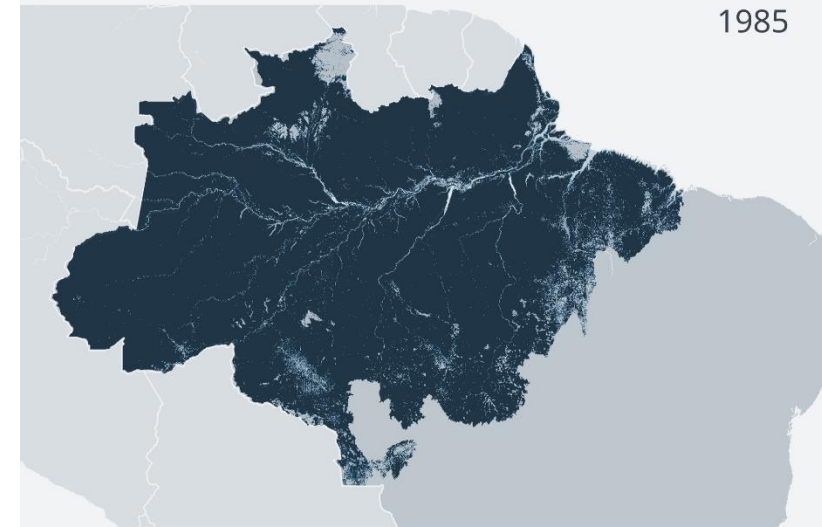
## Conservazione nutrienti

1. Apparati radicali: sottili radici assorbenti
2. Micorrize fungine associate a radici: trappole per nutrienti
3. Foglie sempreverdi ritardano la perdita di nutrienti
4. Alghe e licheni ricavano nutrienti dalle piogge
5. Corteccia spessa impedisce diffusione nutrienti fuori dal floema

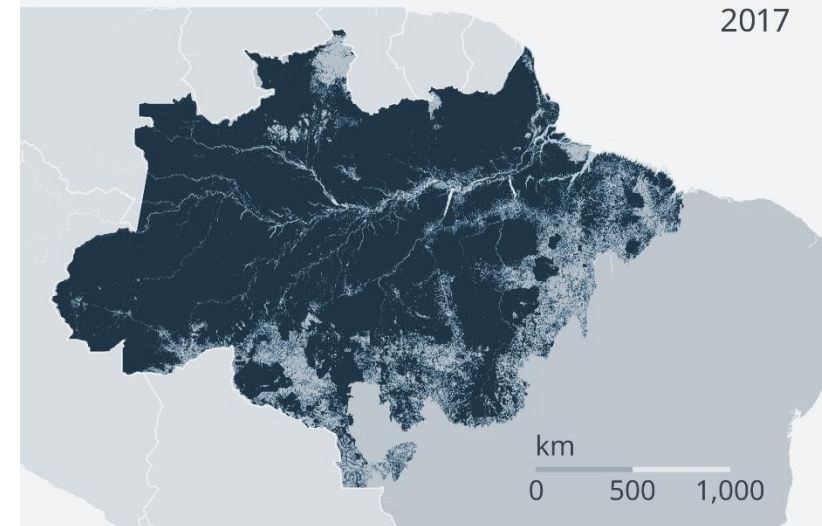


## Amazon Deforestation from 1985 to 2017

26



■ Natural Forest Formations



Source: Map Biomas Alerta / Landsat

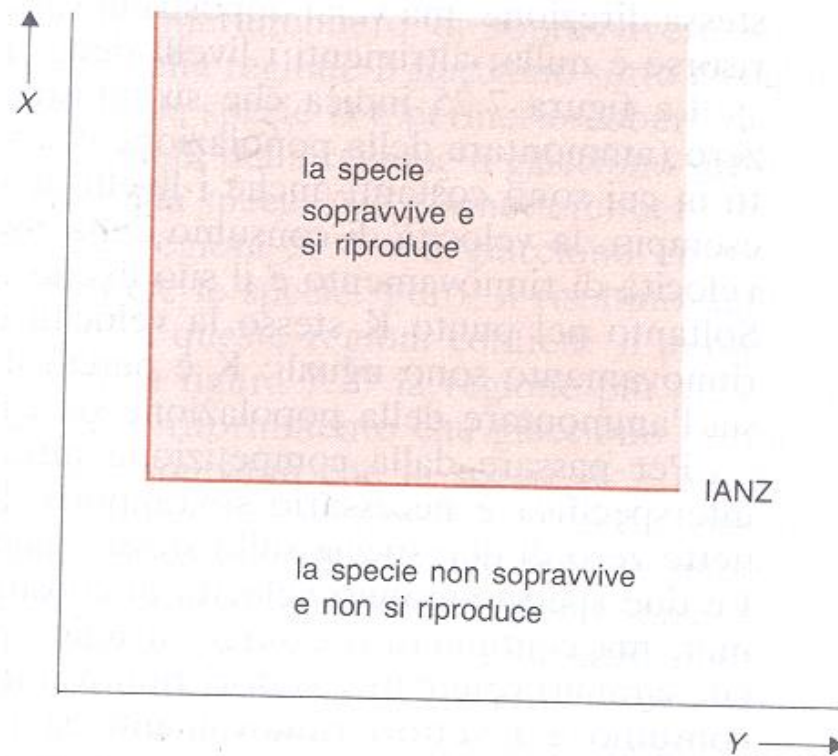
©DW

### Modello di Tilman

- 2 risorse (R1, R2), le cui quantità sono riportate su 2 assi cartesiani (x, y)
- **differenti combinazioni** sostentano **differenti tassi di accrescimento** di una popolazione (sopravvivenza e riproduzione)
- posso congiungere i punti (cioè le combinazioni di risorse) dove **i tassi di accrescimento sono uguali**, ottenendo curve di livello (**isocline**) di accrescimento

L'**isoclina di accrescimento netto zero (IANZ)** rappresenta **il confine** tra le 2 combinazioni di risorse che permettono alla specie di sopravvivere e riprodursi, e le combinazioni di risorse che non lo permettono

(esattamente sulla IANZ c'è solo mantenimento, non cresce ma non decresce...)



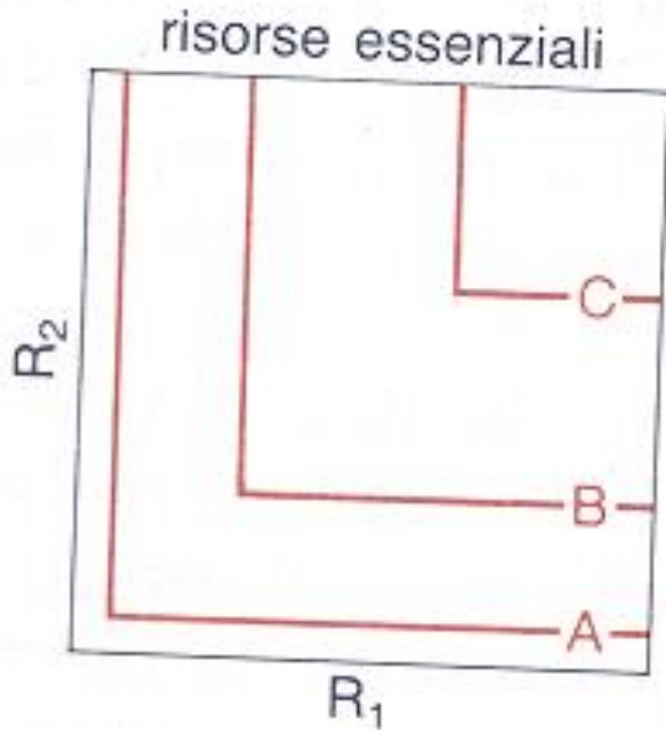
## Risorse essenziali

28

L'una non può sostituire l'altra: l'accrescimento che può essere sostenuto da R1 è indipendente dalla quantità disponibile di R2.

Le isocline sono **parallele**, perché la quantità disponibile di una risorsa definisce un tasso di accrescimento possibile massimo **indipendentemente** dalla quantità dell'altra risorsa.

(es azoto e potassio per le piante verdi)



**l'isoclina B** definisce la IANZ

**l'isoclina A** (con **meno risorse** rispetto a B) congiunge combinazioni che danno lo stesso tasso di accrescimento **negativo**

**l'isoclina C** (con **più risorse** rispetto a B) congiunge combinazioni che danno lo stesso tasso di accrescimento **positivo**

## Risorse sostituibili

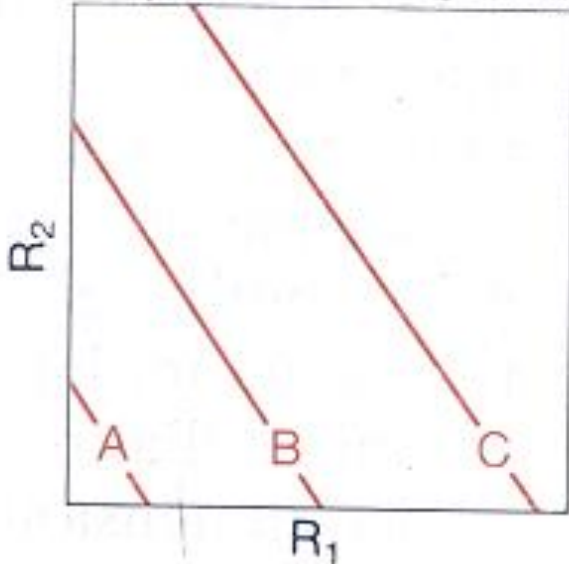
29

Una può sostituire totalmente l'altra (es  $\text{NH}_4$  e  $\text{NO}_3$  per le piante)

Questo **non** significa che le risorse siano **altrettanto "buone"**

Per 2 risorse sostituibili le isocline sono **inclinate**, e se le 2 risorse sono di diversa "bontà", le isocline hanno inclinazione tale che **non tagliano entrambi gli assi alla stessa distanza dall'origine**

risorse perfettamente sostituibili



In assenza di  $R_2$  l'organismo necessita di una quantità relativamente piccola di  $R_1$ , ma in assenza di  $R_1$  necessita di una quantità relativamente grande di  $R_2$ ..

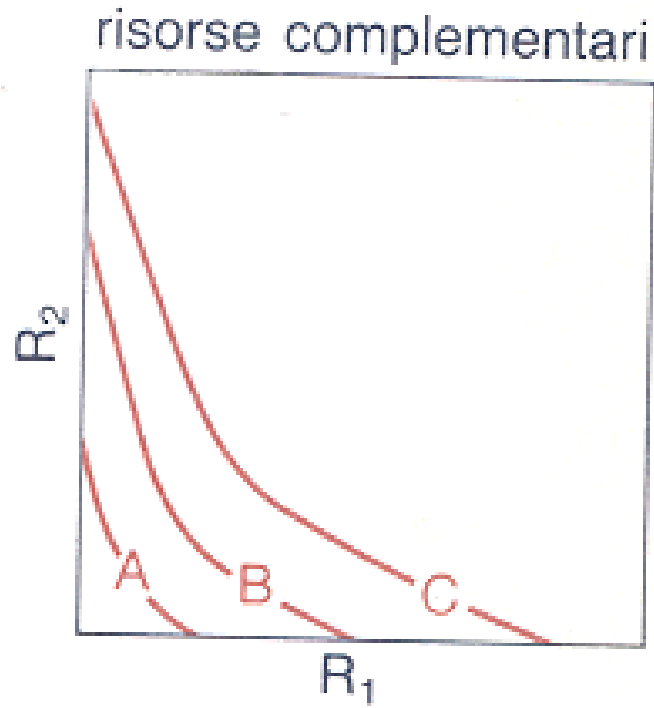
I lupi possono comportarsi da cacciatori non-eltoniani:  $R_1$  = ungulati; ma anche da cacciatori eltoniani:  $R_2$  = roditori...

## Risorse complementari

30

Le risorse sostituibili sono **complementari** se la specie richiede una minore quantità di 2 risorse quando queste **vengono consumate insieme**, rispetto a quando vengono consumate separatamente

Per le **risorse complementari** le **isocline si inarcano** verso l'origine



Uomo: se una dieta a base di riso è integrata con il consumo di fagioli, il contenuto proteico assimilabile dal cibo aumenta quasi del 40%:

1. i fagioli sono ricchi di lisina, un aminoacido essenziale scarsamente rappresentato nel riso...
2. il riso è ricco di aminoacidi contenenti zolfo, presenti solo in piccola quantità nei fagioli...