

Ecologia

Anno Accademico 2023-24

Docente:

Prof. Stefano Martellos

martelst@units.it

(<http://dryades.units.it/SM>)



Conservazione dell'ambiente

I problemi di conservazione delle risorse naturali sono stati posti in evidenza già diversi secoli fa, ed addirittura da Platone. Tuttavia, solo nel secolo scorso la conservazione dell'ambiente diventa un problema compreso a livello globale.

1962 – **Rachel Carson** pubblica *Silent spring*

1981 – **James Lovelock** pubblica *Gaia: A new look at life on Earth*

Rachel Carson

- Wrote "*Silent Spring*"
- Biologist, ecologist, Writer
- Protested the use of chemicals, Pesticides in the environment for farming, etc.
- Resulted in the Water Quality Act
- Triggered the Modern Environmental Movement





“We spray our elms and the following springs are silent of robin song, not because we sprayed the robins directly but because the poison traveled, step by step, through the now familiar elm leaf-earthworm- robin cycle.”

James Lovelock
GAIA

*A New Look at
Life on Earth*

*With a
new Preface
by the
Author*

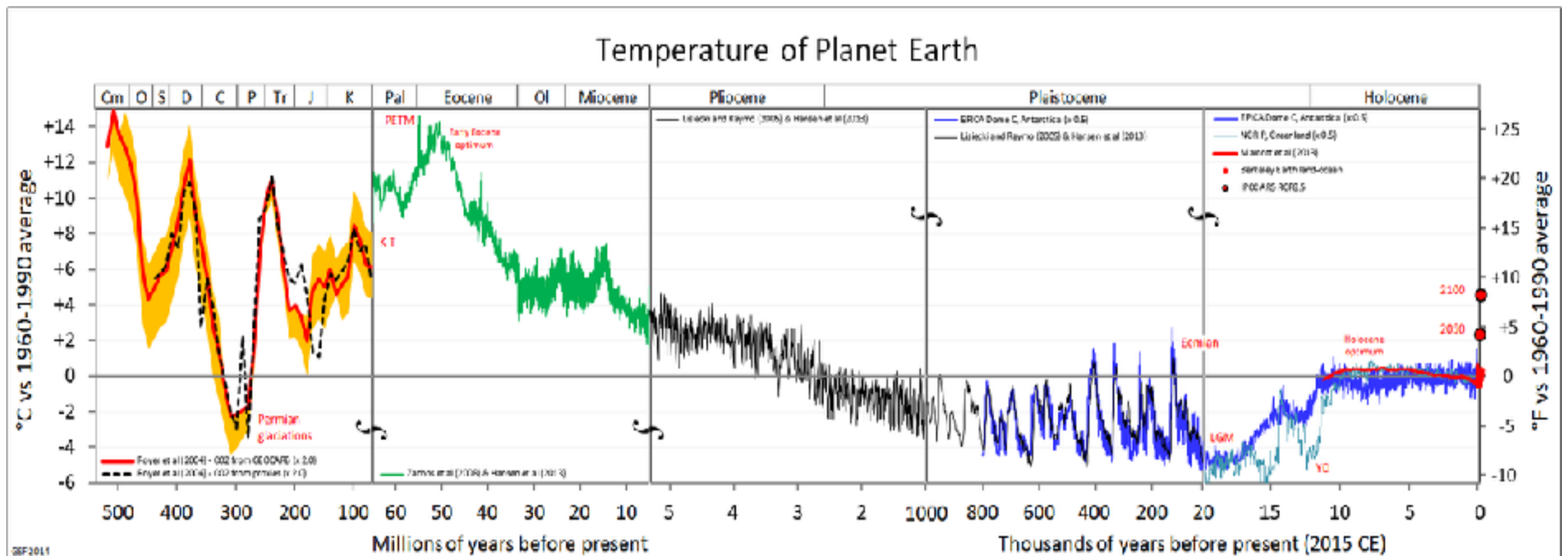


Ipotesi Gaia: *[Gaia is] a complex entity involving the Earth's biosphere, atmosphere, oceans and soil; the totality constituting a feedback or cybernetic system which seeks an optimal physical and chemical environment for life on this planet.*

[Gaia è] una entità complessa che comprende la biosfera, l'atmosfera, gli oceani e le terre emerse del pianeta; l'insieme costituisce un sistema cibernetico che tende ad un ambiente fisico e chimico ottimale per la vita sul pianeta.

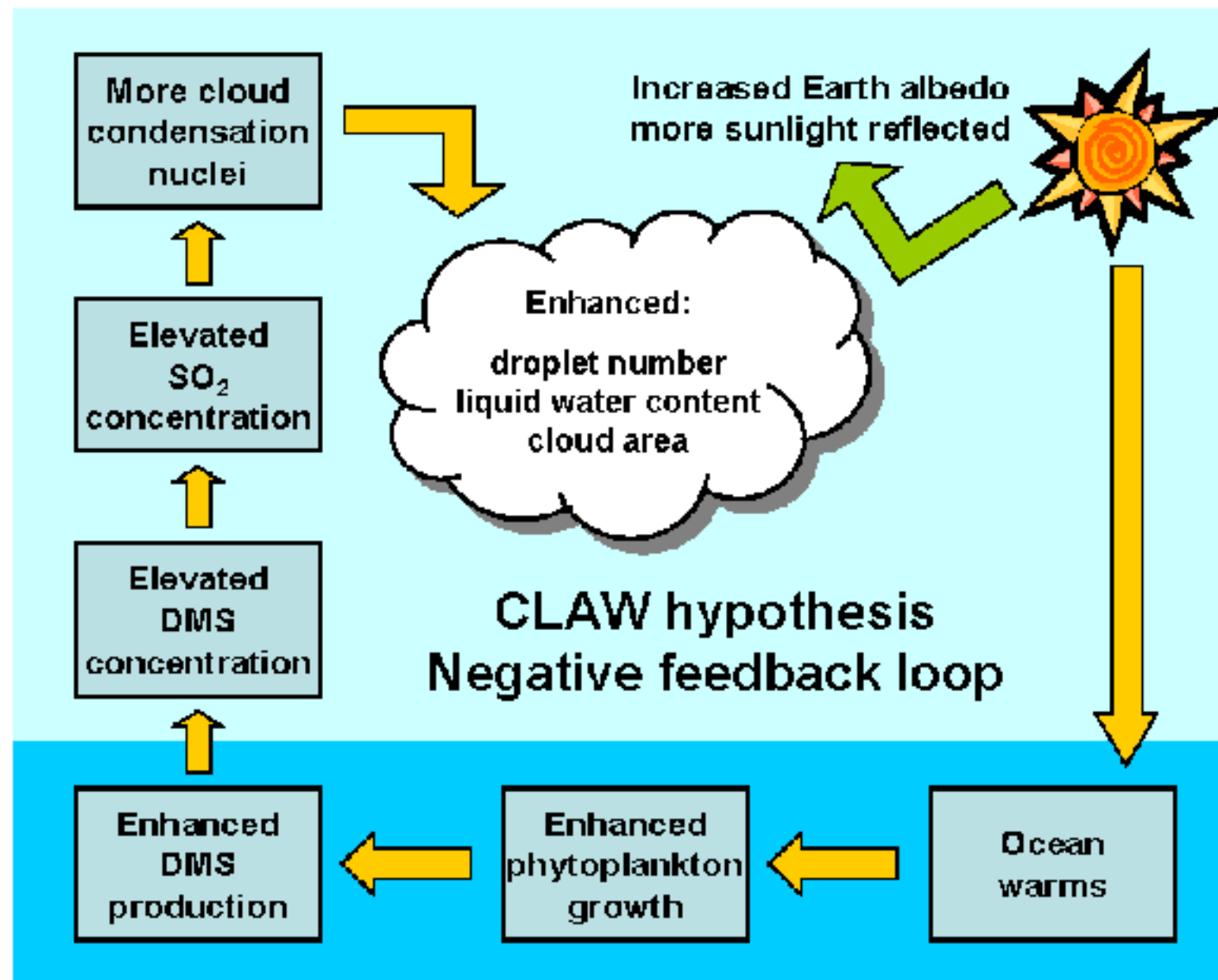
Secondo Lovelock, Gaia evolve e tende verso uno stato ottimale per la sopravvivenza della vita in quanto biosfera, idrosfera, geosfera e atmosfera formano un complesso sistema cibernetico, in cui i viventi operano inconsciamente. La conseguenza è un sistema di controllo globale di temperatura, salinità dei mari, e composizione dell'atmosfera.

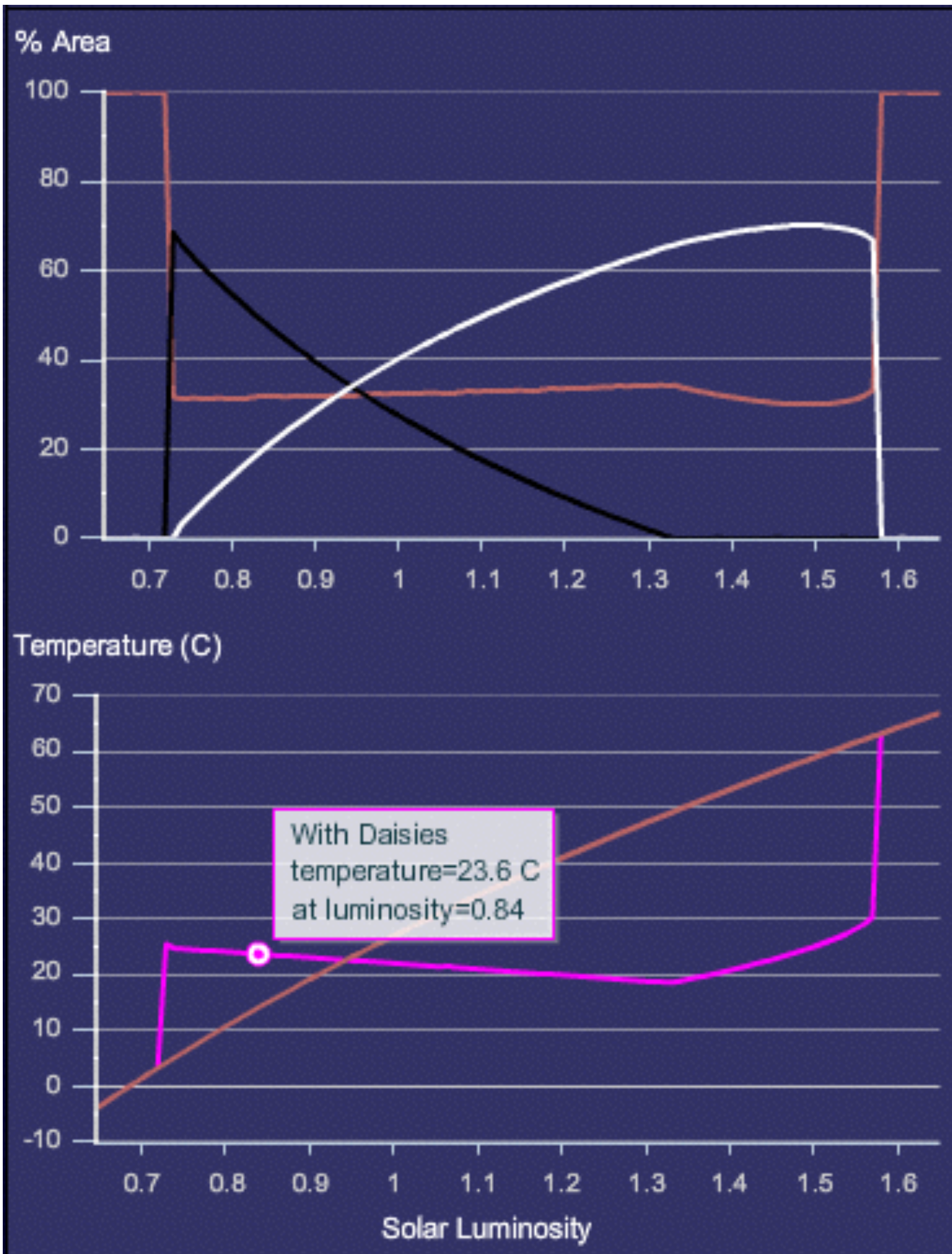
Ad esempio, dalla formazione del pianeta, l'energia emessa dal sole è aumentata di circa il 25-30%, ma la temperatura sulla superficie del pianeta è rimasta, soprattutto negli ultimi 500 milioni di anni, relativamente costante, seppure con le oscillazioni delle glaciazioni. Tuttavia, eventi estremi di cali di temperatura, come quelli avvenuti nei periodi Huroniano (2,3-2 milioni di anni fa), Sturtiano (ca. 700 milioni di anni fa) e Marinoano (ca. 630 milioni di anni fa), che hanno prodotto l'effetto definito "snowball earth" sembrano essere delle prove contro questa ipotesi.



L'ipotesi CLAW

Un sistema a feedback mantiene più o meno stabile la temperatura sul pianeta, grazie all'opera di organismi metanogeni.



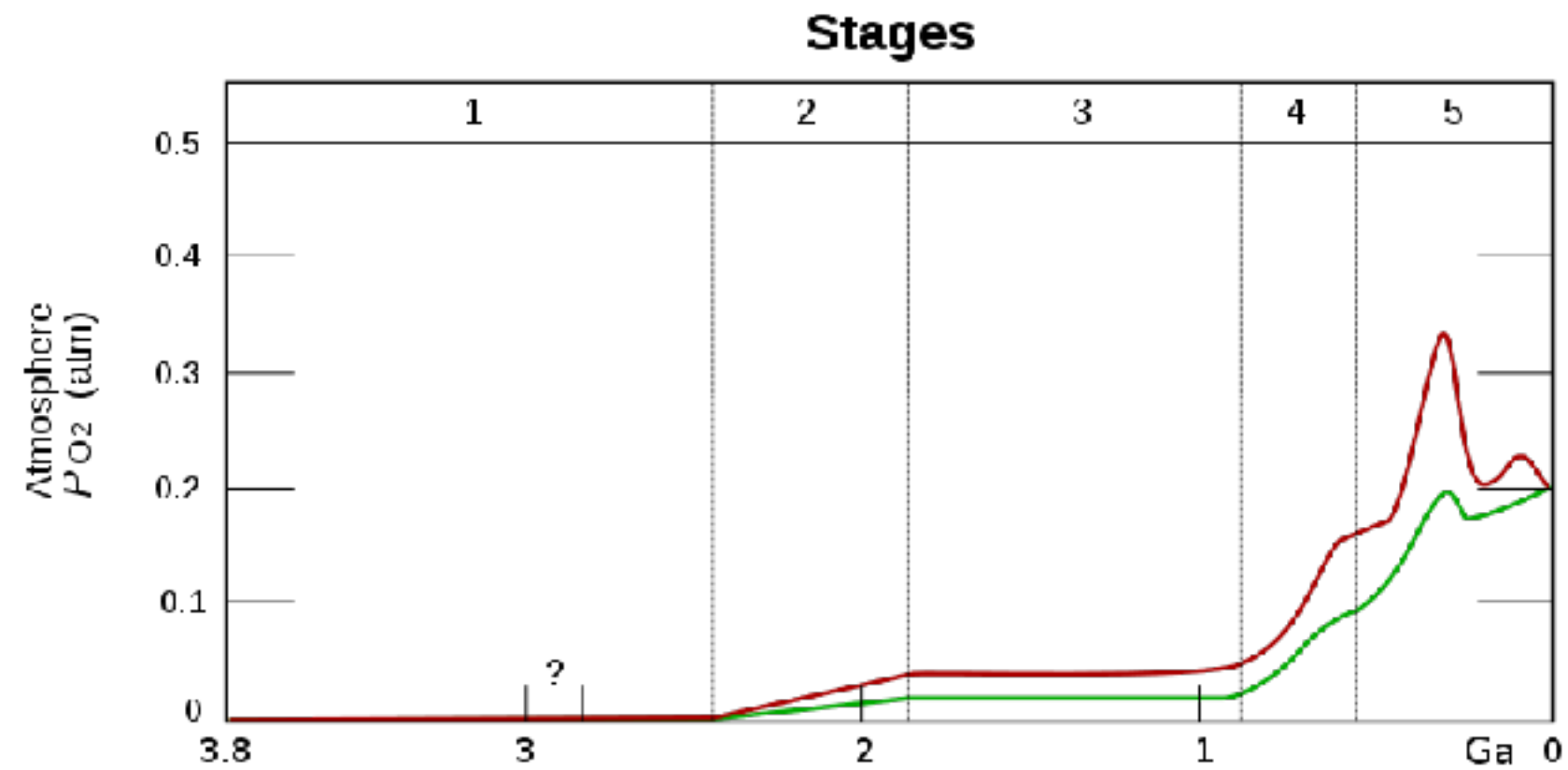


Daisyworld è una simulazione computerizzata sviluppata da Lovelock e Watson nel 1983. Nella simulazione si ipotizza che un pianeta popolato da due varietà di margherite, una bianca ed una nera, orbiti attorno ad una stella con emissione variabile.

La simulazione vuole dimostrare come la vita regoli la temperatura del pianeta in un sistema cibernetico, permettendo il perdurare della vita stessa.

Modelli più evoluti hanno introdotto popolazioni di altri organismi, predatori, decompositori, andando a simulare una elevata diversità biologica, e dimostrando che all'aumentare della biodiversità la capacità di autoregolazione del sistema aumenta.

Anche la quantità di ossigeno in atmosfera, sin dalla sua comparsa, è tenuta più o meno costante dall'opera dei viventi.

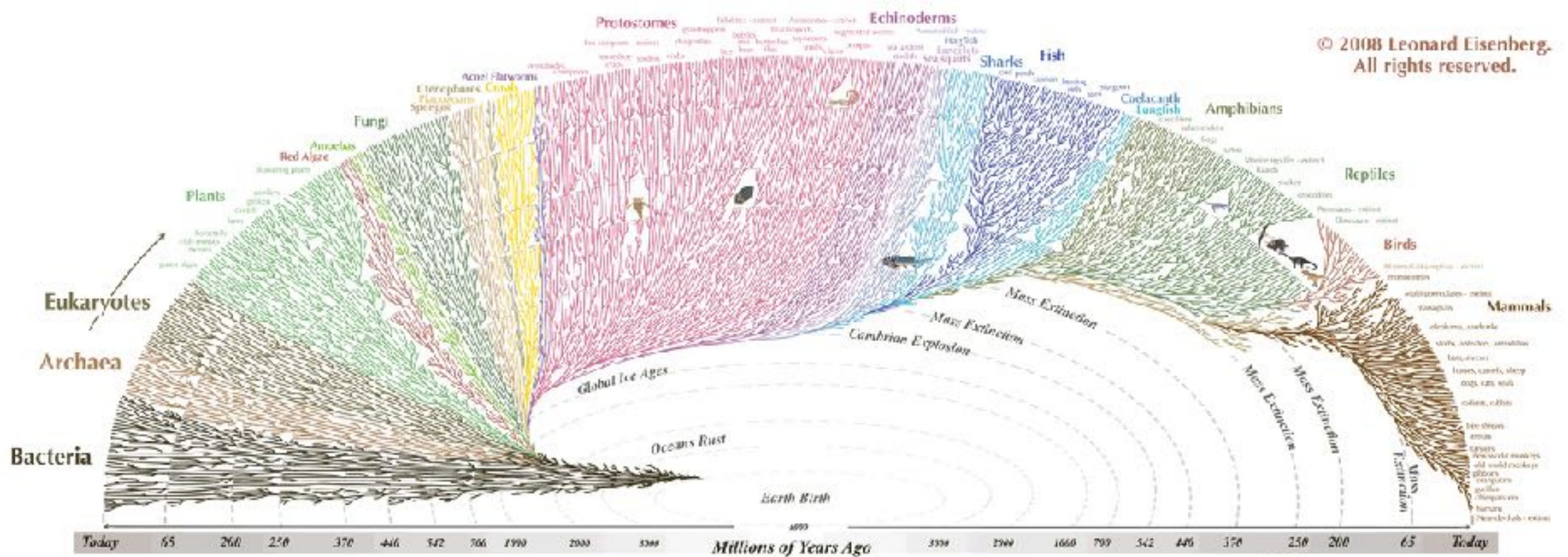


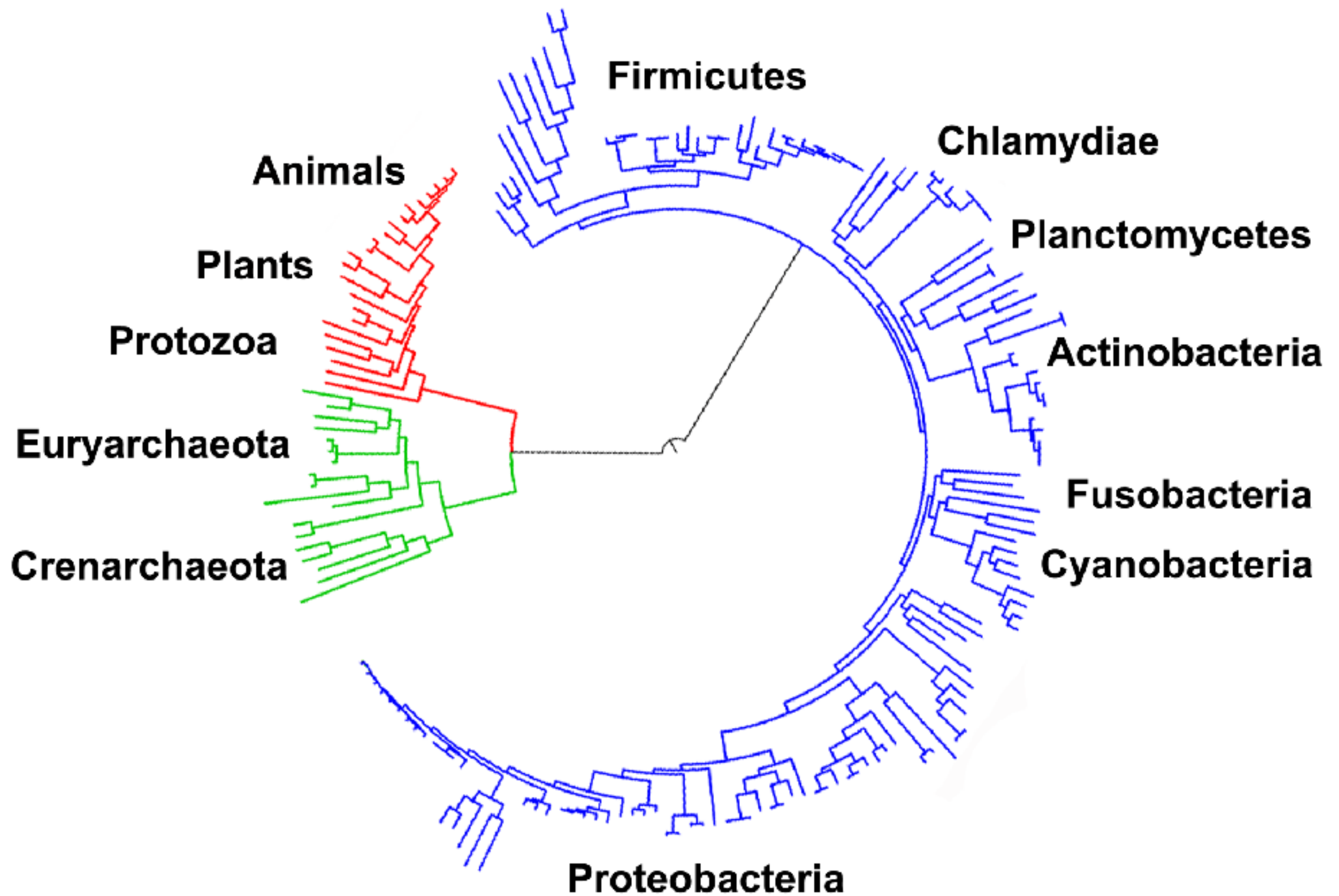
La vita

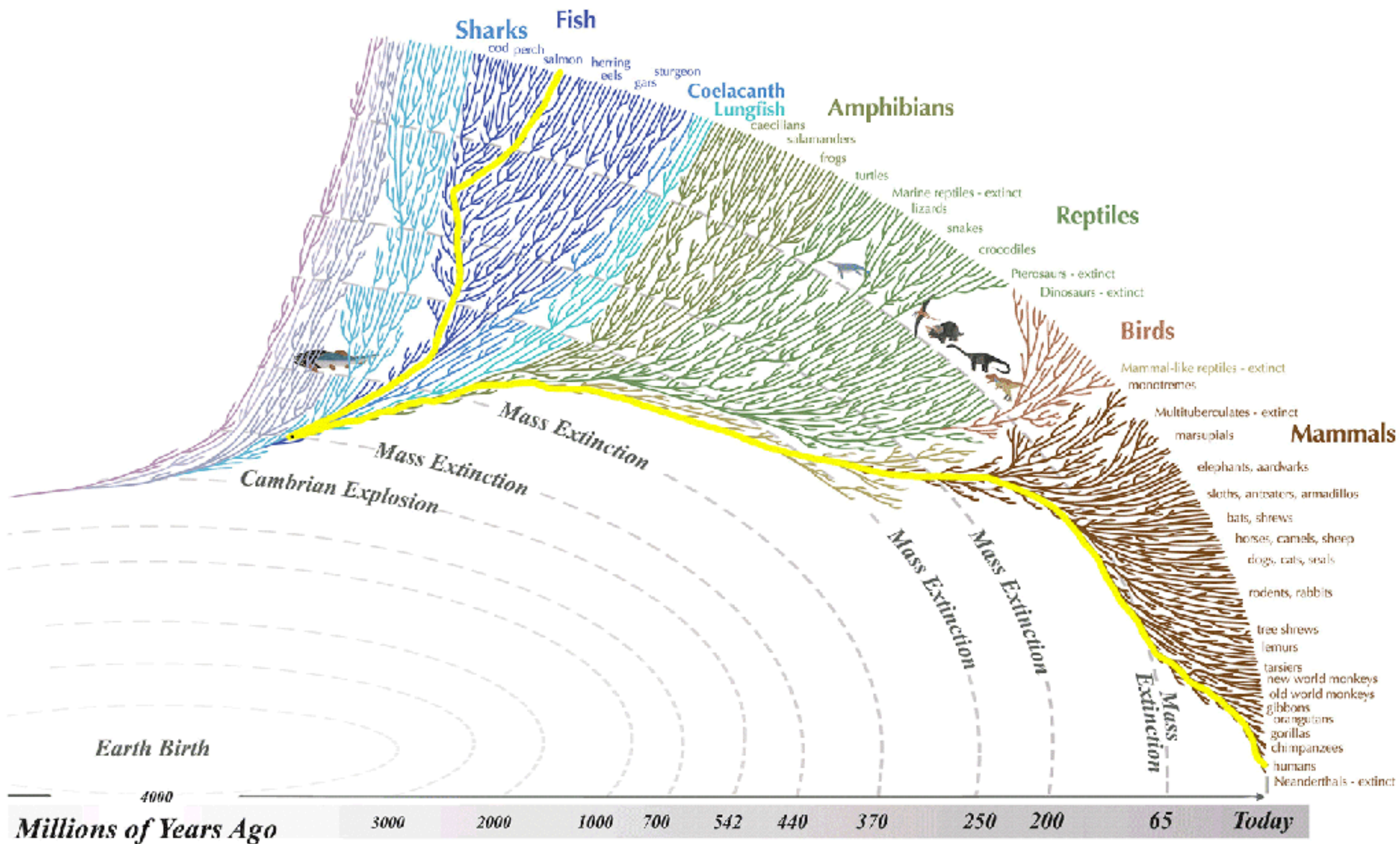
Il concetto di vita ci è apparentemente chiaro. Tuttavia non esiste una comune ed accettata definizione di vita. Solitamente gli scienziati definiscono vivo un oggetto che:

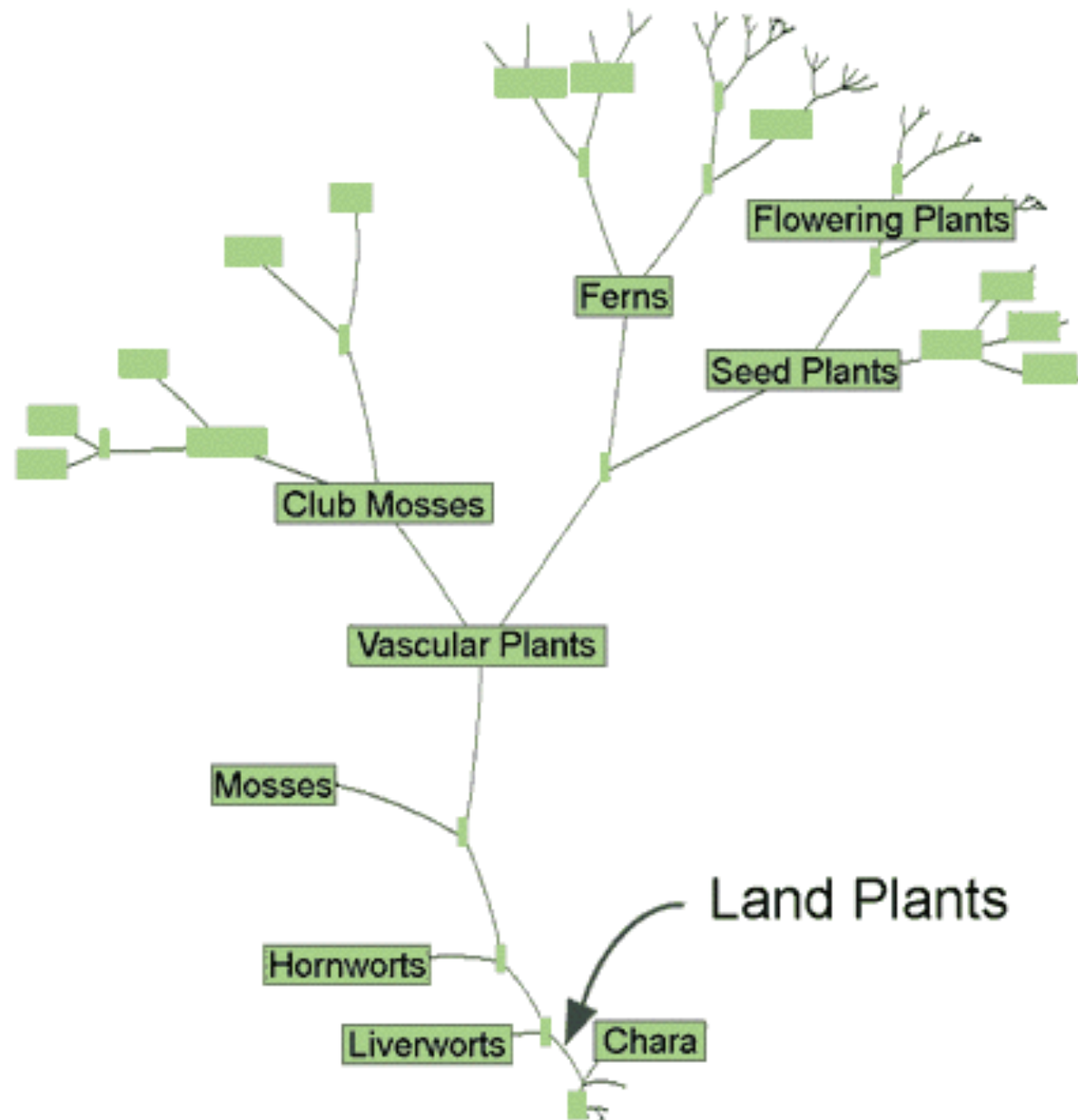
- presenta omeostasi, ovvero regola l'ambiente interno rispetto a quello esterno
- è organizzato, composto da una o più cellule
- ha un metabolismo, tramite il quale produce energia per mantenere bassa la propria entropia
- cresce, almeno durante un periodo della propria vita
- è in grado di adattarsi all'ambiente, tramite processi evolutivi
- risponde agli stimoli
- è in grado di riprodursi

Questa definizione è tuttavia lungi dall'essere sufficiente. Esistono organismi che mandano di una o più di queste caratteristiche, ma devono essere comunque definiti vivi. Alcuni esempi sono le api operaie non si riproducono, ma sono indubbiamente vive, ed i muli, ibridi sterili, ma che sono anch'essi vivi. Esistono batteri, come la clamidia, che non possono utilizzare indipendentemente molti processi biochimici, e dipendono necessariamente da un ospite per questo. Virus e prioni sono casi a parte, e sono spesso considerati come semplici unità replicative, anziché come organismi viventi. Tuttavia, possono essere definiti come non viventi, al pari di una pietra? Un'altra definizione (detta "sistemica") di vita dice che gli oggetti viventi sono autoorganizzati ed autopoietici, ovvero si producono da soli. Esistono poi ancora molte altre definizioni, più o meno complesse, e più o meno soddisfacenti.







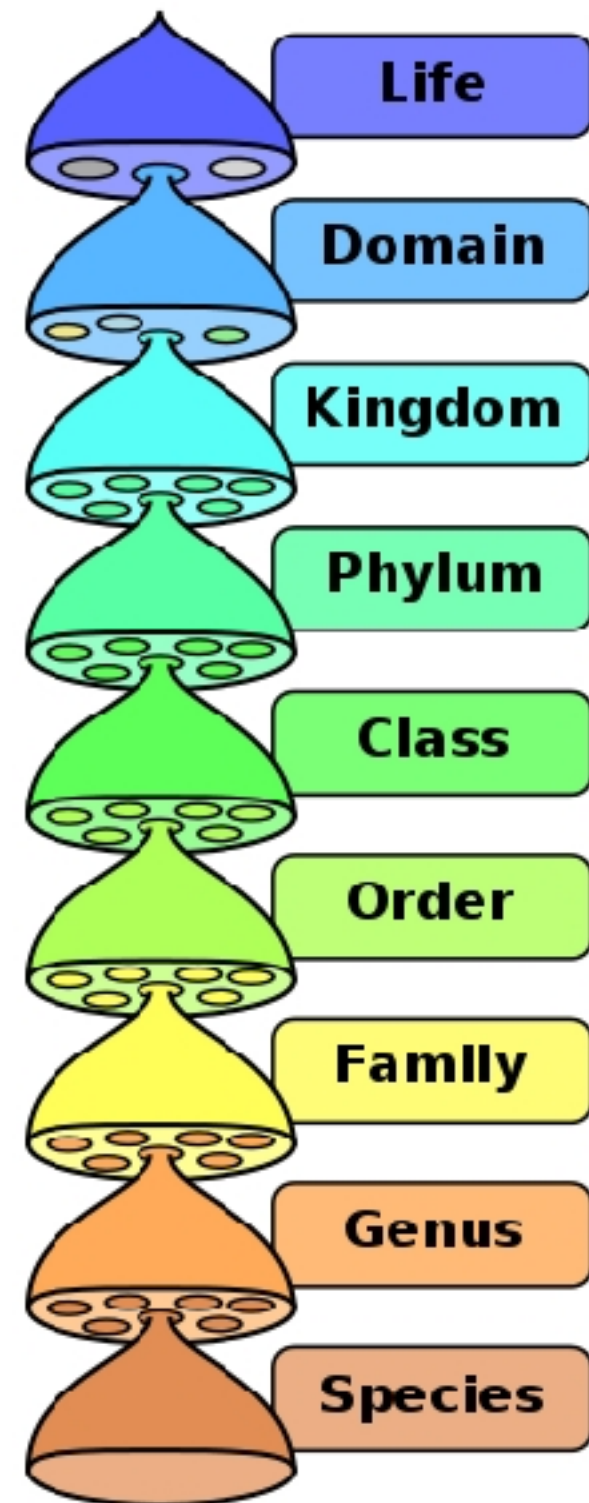


La specie

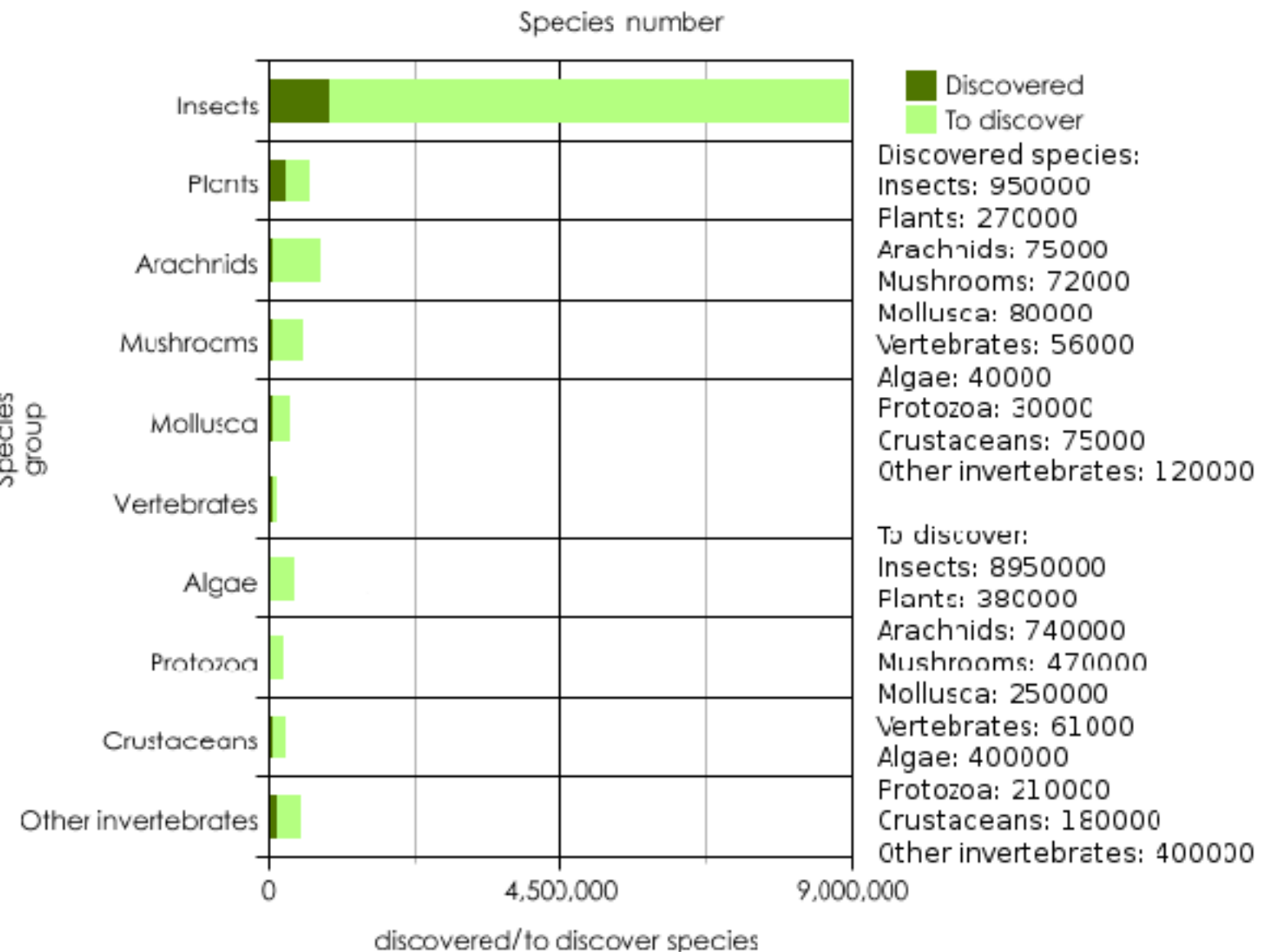
Il concetto di specie è evoluto con lo sviluppo delle conoscenze biologiche. Tuttavia resta ancora aperta la questione se la specie esista realmente, indipendentemente dall'osservatore.

La teoria di Darwin ci dice che, contrariamente a quanto si credeva precedentemente, i viventi non sono immutabili, ma sono in continuo cambiamento, o evoluzione. Quando viene descritta una specie, si delimita una porzione del “continuum evolutivo”. A tale entità viene dato un nome, che, dalla pubblicazione dell'opera “Sistema Naturae” di Linneo, nel 1735, in poi, è costituito da un binomio latino, la cui prima parola definisce il genere e la seconda la specie.

La classificazione biologica definisce diversi ranghi tassonomici, con la specie come ultimo livello. Linneo definì solo 2 regni, animali e piante. Con il progredire delle conoscenze, vennero definiti nuovi regni, fino ai sei attualmente accettati: Eubacteria, Archebacteria, Protista, Fungi, Plantae, Animalia.



Il più noto concetto di specie la definisce come un insieme di individui capaci di riprodursi e di dare prole fertile (concetto di specie biologico, BSC). Questo concetto di specie si applica bene solo ad alcuni organismi, in particolare animali superiori. Risulta però inutile in tutti i gruppi di organismi che non si riproducono sessualmente. Un altro concetto di specie particolarmente importante è il concetto di specie filogenetico (PSC). Secondo questo approccio una specie è un insieme di individui che hanno un antenato in comune, ovvero rappresentano una linea evolutiva che ha mantenuto la sua integrità rispetto ad altre linee evolutive nello spazio e nel tempo.



Anche questa definizione, tuttavia, risulta inapplicabile in molti casi, come nel caso del trasferimento orizzontale di geni (HGT) che si verifica in molte popolazioni batteriche.

Negli ultimi anni sono stati definiti diversi altri concetti di specie, ma nessuno di essi risolve completamente il problema, risultando inapplicabile in alcuni casi. Alcuni scienziati pensano che una definizione univoca non possa essere formulata, e suggeriscono con un certo pragmatismo di usare un diverso concetto di specie a seconda del gruppo di organismi con cui si lavora.

specie: insieme di individui che incrociandosi tra loro generano potenzialmente una prole illimitatamente feconda (concetto di specie biologica, difficilmente applicabile a certi gruppi di organismi).

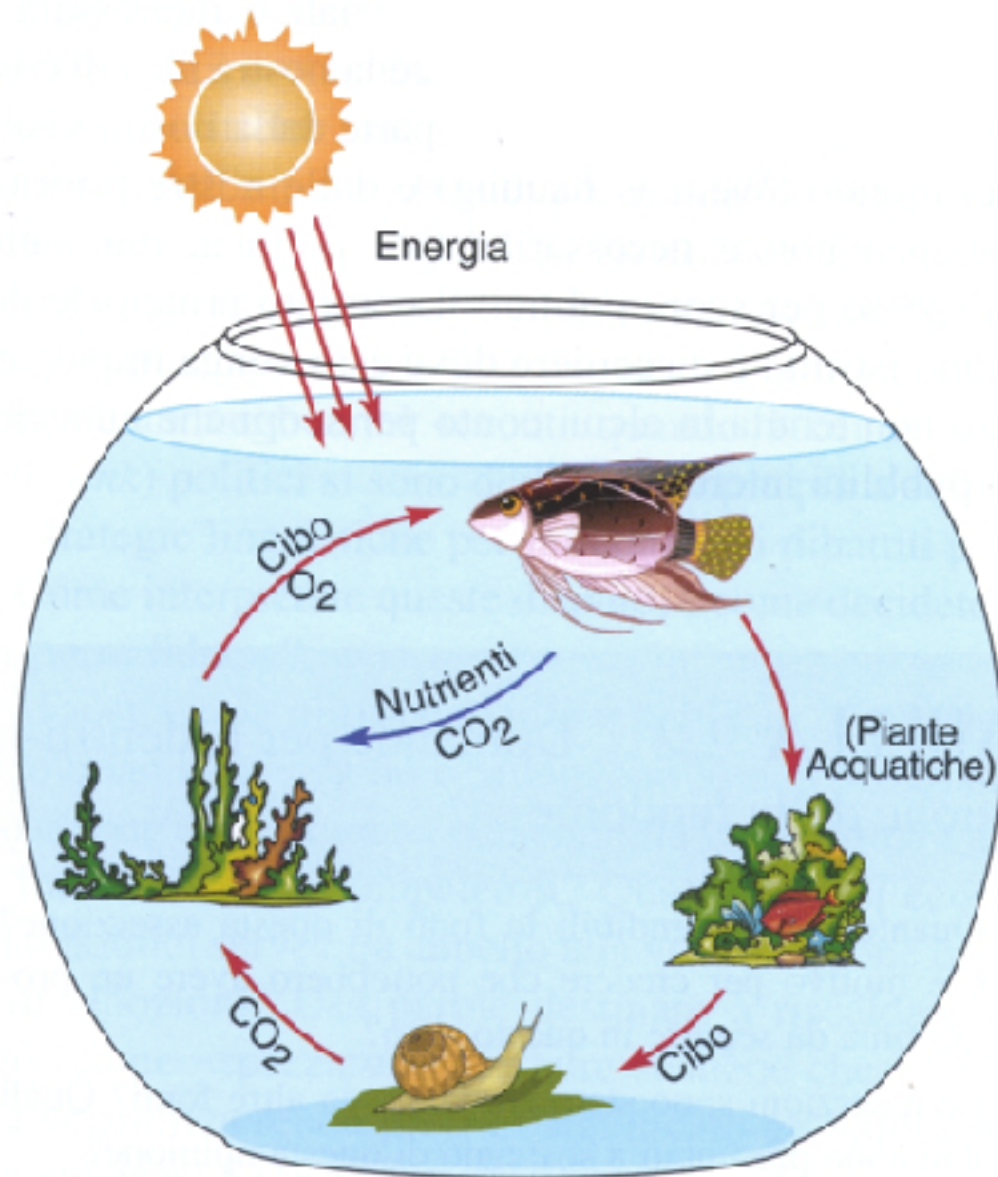
popolazione: insieme di individui appartenenti alla stessa specie che vivono in una determinata area

comunità (biocenosi): insieme delle popolazioni che occupano una determinata area

biosfera: insieme dei viventi presenti sull'intero pianeta.

sistema: insieme di componenti interdipendenti che regolarmente interagiscono e formanti un tutt'uno

ecosistema (biogeocenosi): una unità che include tutti gli organismi che vivono insieme in una data area, interagenti con l'ambiente fisico, in modo tale che un flusso di energia porta ad una ben definita struttura biotica ed a una ciclizzazione dei materiali tra viventi e non viventi all'interno del sistema. Il termine **ecosistema** venne coniato nel 1935 da Sir Arthur Tansley.



(a) Un sistema semplice

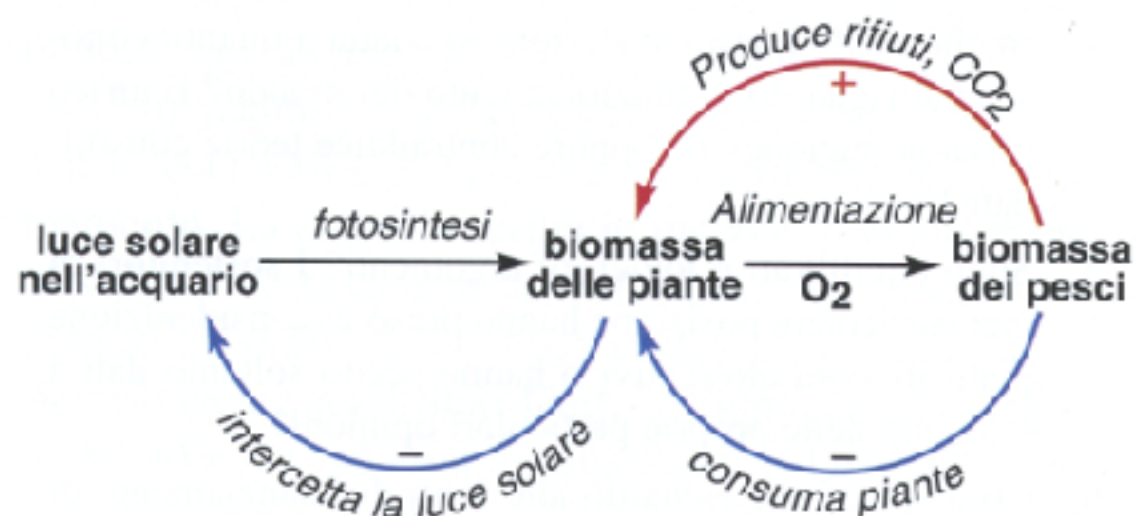
Livelli di organizzazione gerarchica in ecologia.

L'ecologia si focalizza su sistemi che stanno al di sopra del livello di organismo.

Questi sono:

- popolazione
- comunità
- ecosistema
- bioma
- ecosfera

L'ecosistema è il primo livello della gerarchia ecologica che è completo, in quanto comprende sia la componente biotica che quella abiotica, e le interazioni che si instaurano tra le due.



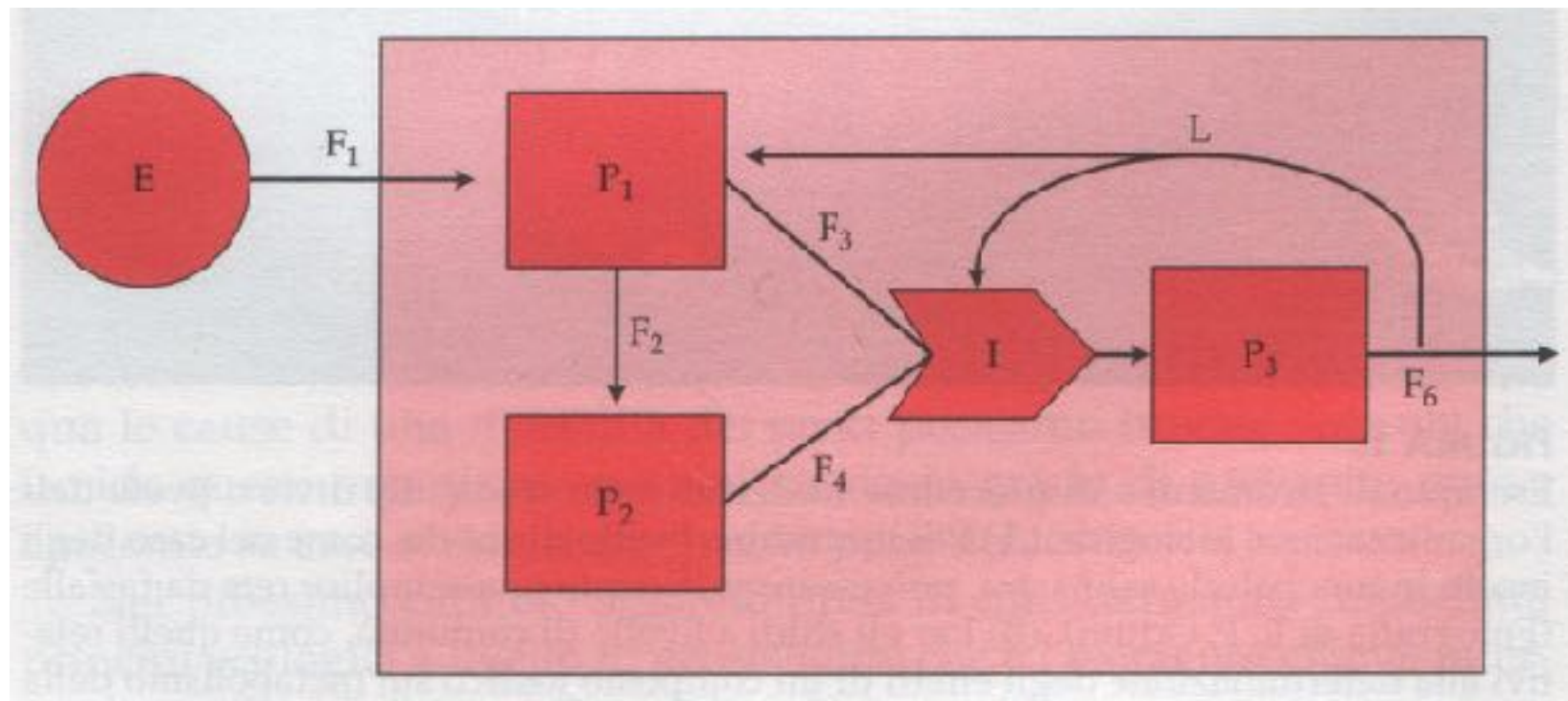
(b) Anelli di retroazione

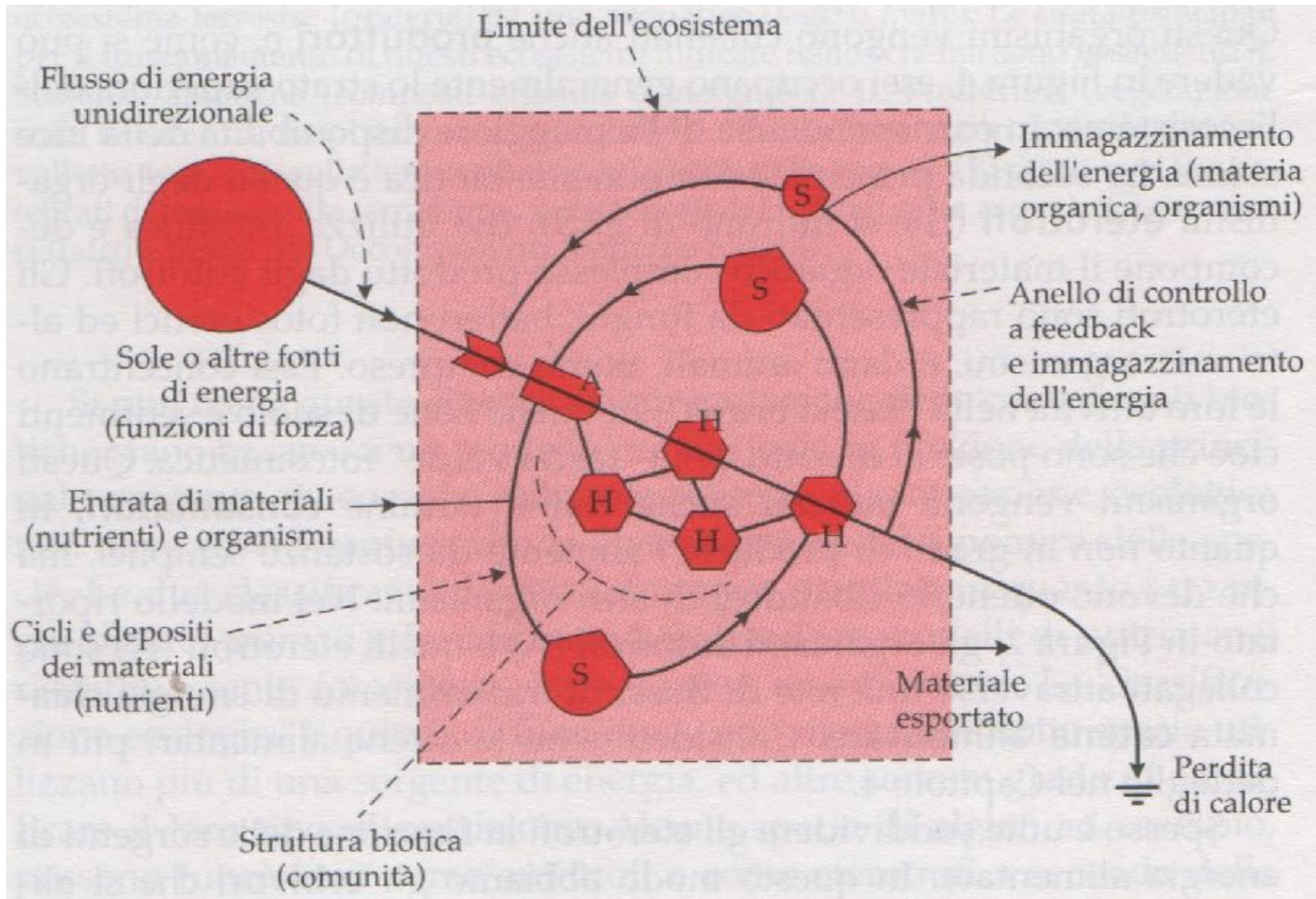
Modelli

Un sistema può essere rappresentato tramite un modello, ovvero una versione semplificata degli eventi reali.

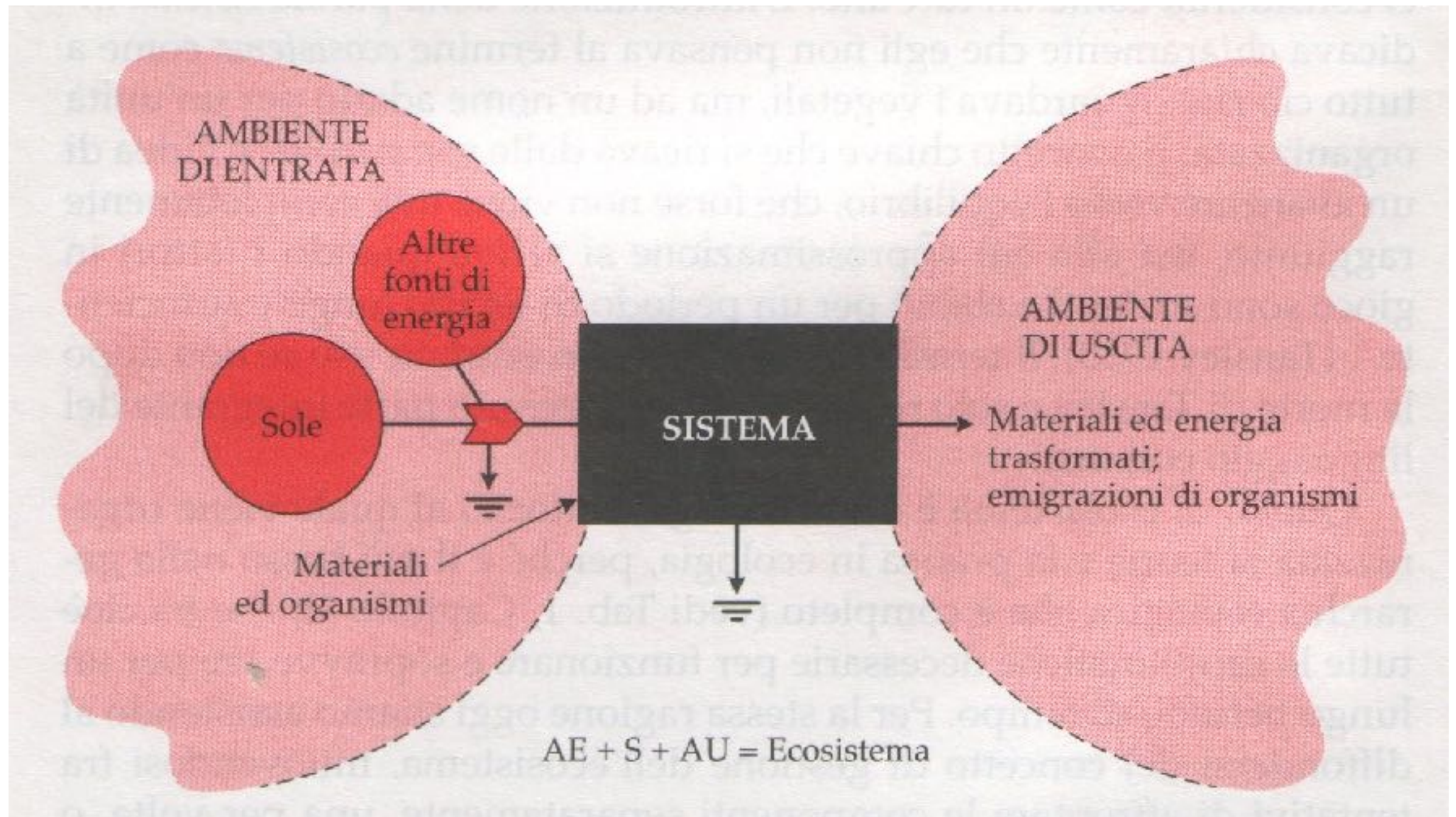
Nella sua versione formale un modello ecologico deve avere almeno le seguenti componenti:

- Proprietà (P)
- Forze (E)
- Vie di flusso (F)
- Interazioni (I)
- Anelli di feedback (L)





Gli ecosistemi sono sistemi aperti, e grande importanza ha lo studio degli ambienti d'entrata e di uscita.

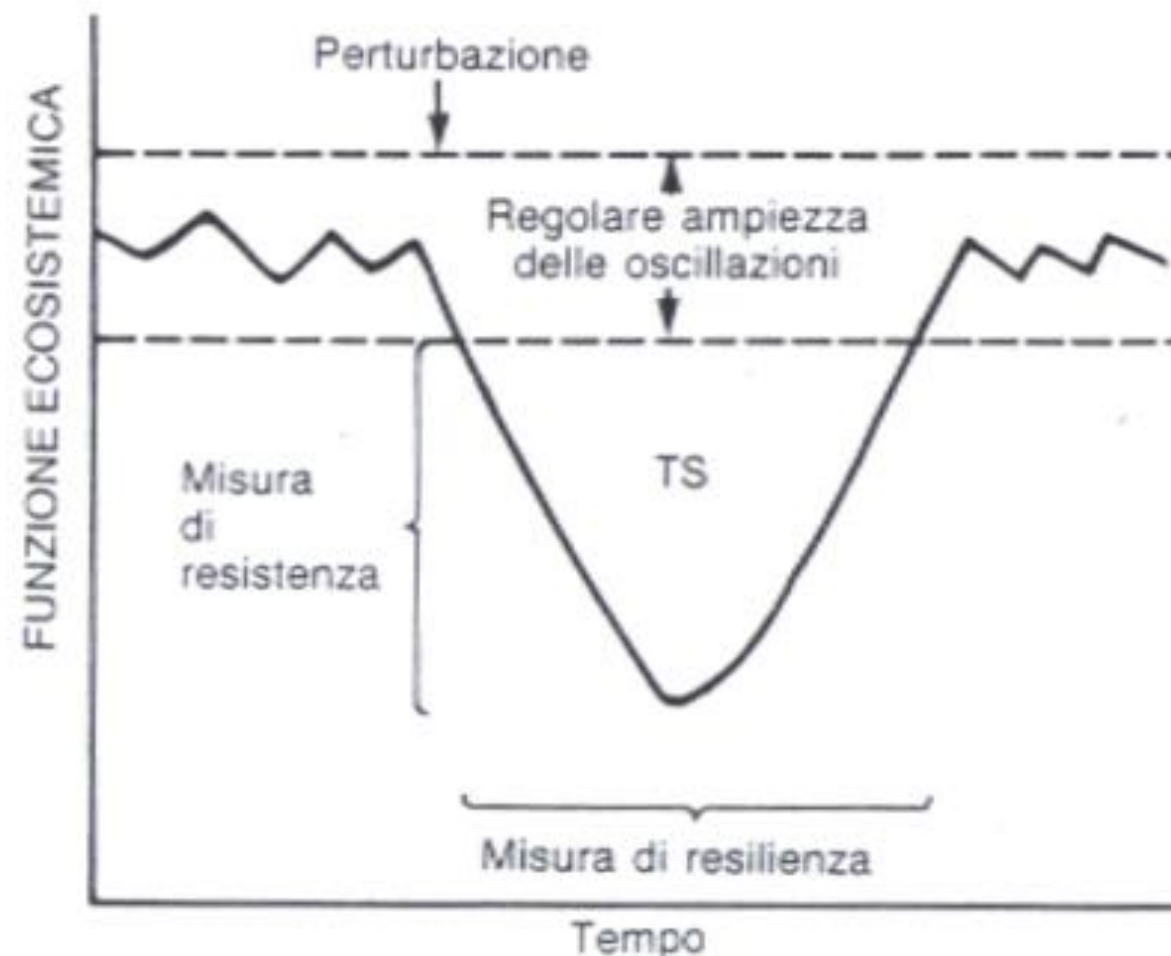


Feedback positivo: un flusso di materia o energia provoca dei cambiamenti che amplificano ulteriormente il flusso

Feedback negativo: un flusso di materia o energia provoca dei cambiamenti che smorzano il flusso

Resistenza: capacità di un ecosistema di resistere ad una perturbazione. Un sistema è più resistente di un altro se richiede una maggiore intensità di perturbazione per discostarsi da uno stato di equilibrio

Resilienza: capacità di un ecosistema di ripristinare il precedente equilibrio dopo che una perturbazione lo ha modificato. Un sistema è più resiliente di un altro se recupera più velocemente lo stato di equilibrio



Principio delle proprietà emergenti

Quando dei componenti si combinano per produrre un più grande insieme funzionale, ne emergono nuove proprietà che non erano presenti al livello immediatamente precedente.

Una proprietà emergente di un livello ecologico si forma dalla interazione funzionale tra le componenti del livello stesso

Proprietà collettive: sommatoria degli effetti delle singole componenti.

Studio degli ecosistemi

Approccio **olistico**: vengono misurate entrate ed uscite, vengono definite le proprietà collettive ed emergenti del sistema e poi vengono analizzate separatamente le singole parti

Approccio **meristico** o **riduzionistico**: le parti più importanti vengono studiate per prime, per poi essere integrate in un sistema

Esempi di ecosistemi	
Stagno	Prato
Piante con radici solo in acque poco profonde, componenti minori dell'ecosistema fitoplancton (phyto=pianta; plankton=galeggiante) uniformemente distribuito fino a dove arriva la luce	Piante con radici dominanti Crittogame terrestri come componenti minori dell'ecosistema
Erbivori planctonici e bentonici Insetti e pesci Detritivori	Erbivori di taglie diverse (dagli insetti ai grossi ruminanti) Insetti, ragni, uccelli e mammiferi
Batteri, flagellati e funghi nell'interfaccia fango/acqua	Batteri, flagellati e funghi nell'interfaccia suolo/lettiera
Fotosintesi lorda: 5 gr / metro quadro / giorno	
Peso secco = 5 gr /metro quadro	Peso secco = 500 gr /metro quadro
Turnover=1 Tempo di turnover= 1 giorno	Turnover=0,01 Tempo di turnover= 100 giorni

Turnover = rapporto tra ciò che entra o esce ed il contenuto

Tempo di turnover = $1 / \text{turnover}$

Ecosistemi eterotrofi

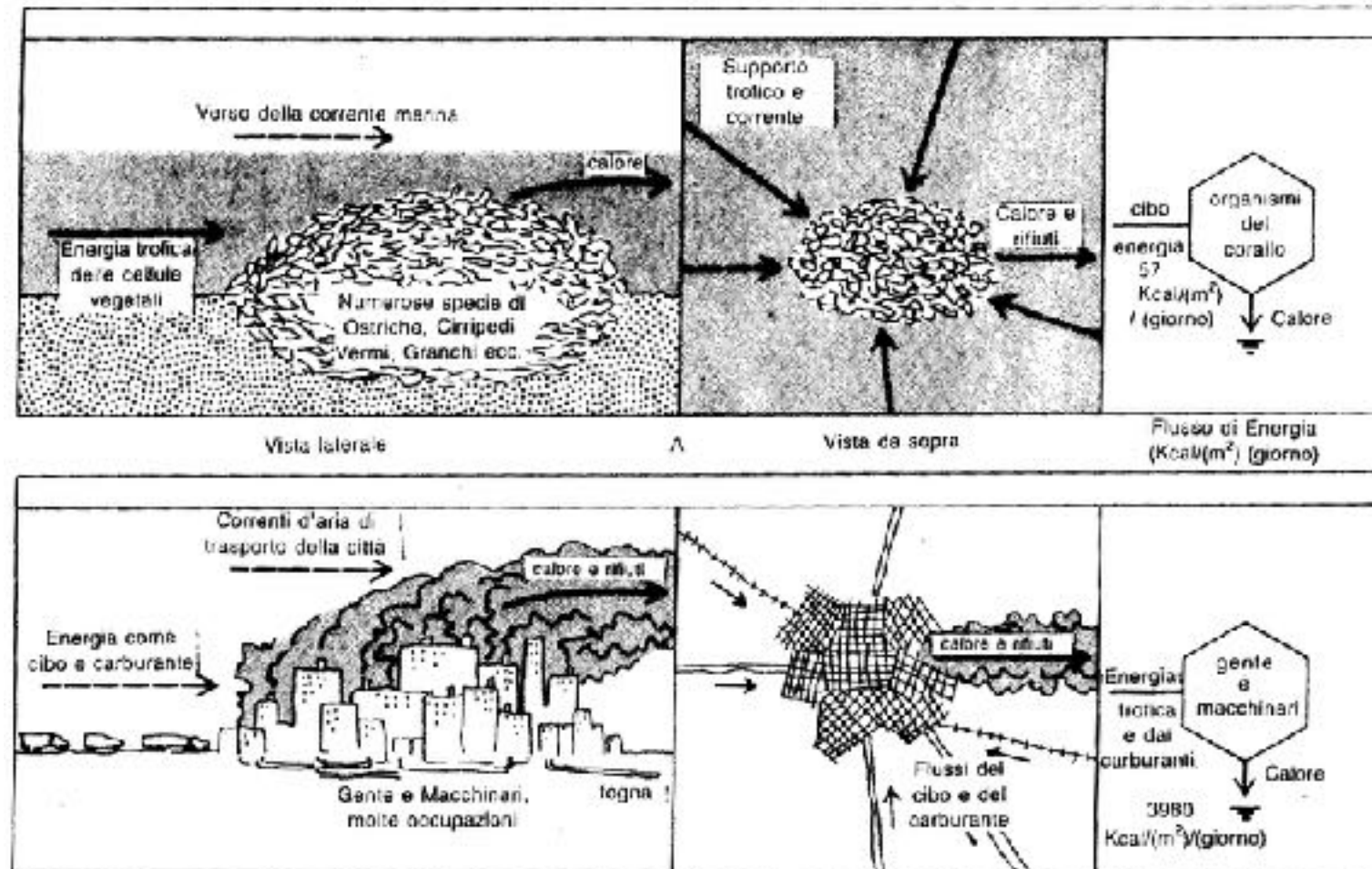


Tabella 2-4 Confronto fra un bosco residenziale e uno naturale tra loro adiacenti nel Madison, Wisconsin*

	Foresta naturale	Foresta urbana
Numero di specie d'alberi	10	75
Numero di specie di arbusti	20	74
Biomassa vegetale (peso secco medio senza le radici)	27 kg/m ²	10 kg/m ²
Produzione netta totale annua	812 gm/m ²	719 gm/m ²
Produzione netta (escludendo il 30% dell'area senza vegetazione nelle zone residenziali)	812 gm/m ²	1027 gm/m ²
Fertilizzanti aggiunti	0	120 lb/acro
Esportazione annuale di materia organica	0	497 gm/m ²
Acqua di irrigazione	0	Molta (quantità ignota)

* Dati non pubblicati da "Produzione Primaria Terrestre di Ecosistemi urbani e naturali confinanti", da G.J. Larson, Grant Cottam, e Orin L. Loucks, 1973.

Agroecosistemi

Si distinguono dagli ecosistemi naturali o seminaturali per tre caratteristiche:

ricevono energia sussidiaria

hanno una biodiversità fortemente ridotta

piante ed animali sono controllati dalla selezione artificiale

Si possono dividere gli agroecosistemi in due categorie:

a) Agricoltura pre-industriale (60% circa delle terre coltivate)

sistemi pastorali (savane e praterie)

agricoltura a rotazione (foreste tropicali)

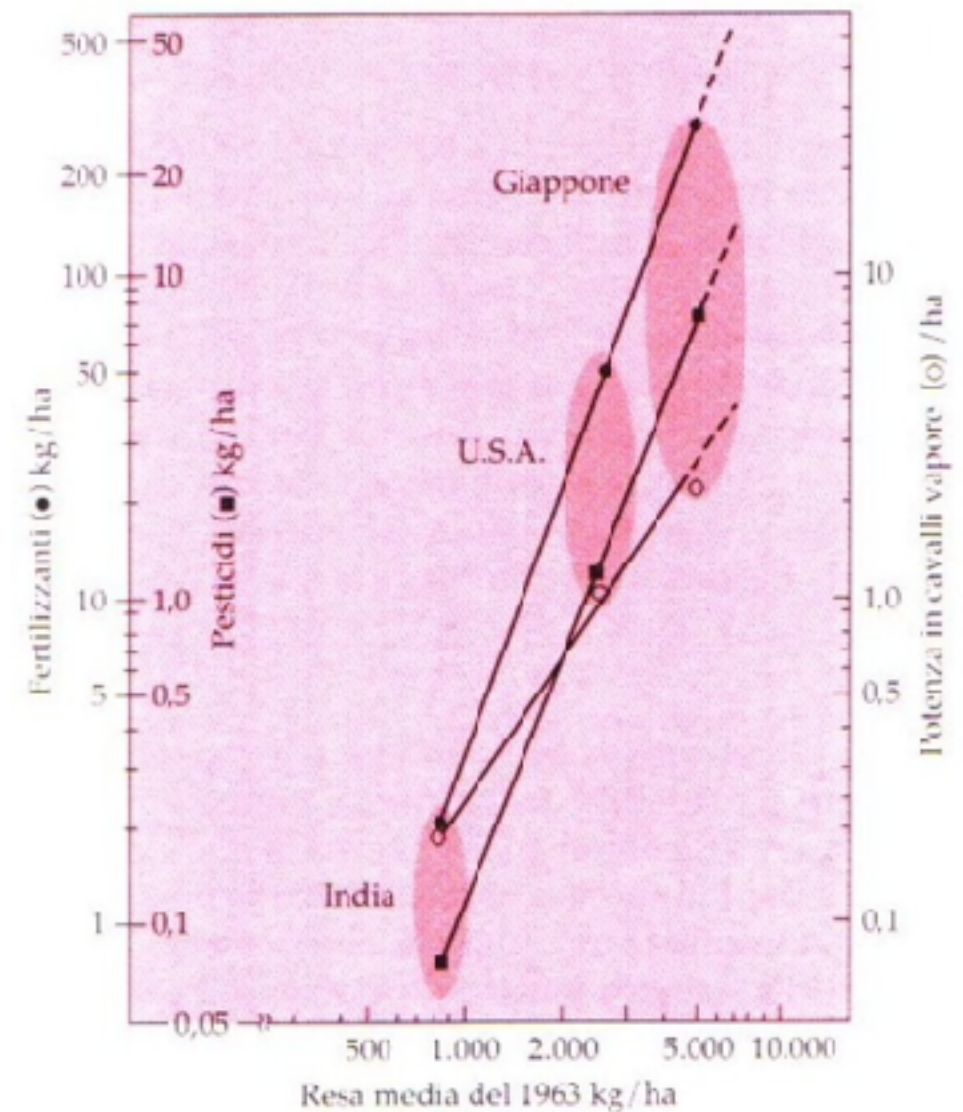
irrigazione ed allagamento (sud-est asiatico)

b) Agricoltura meccanizzata intensiva (40% circa)

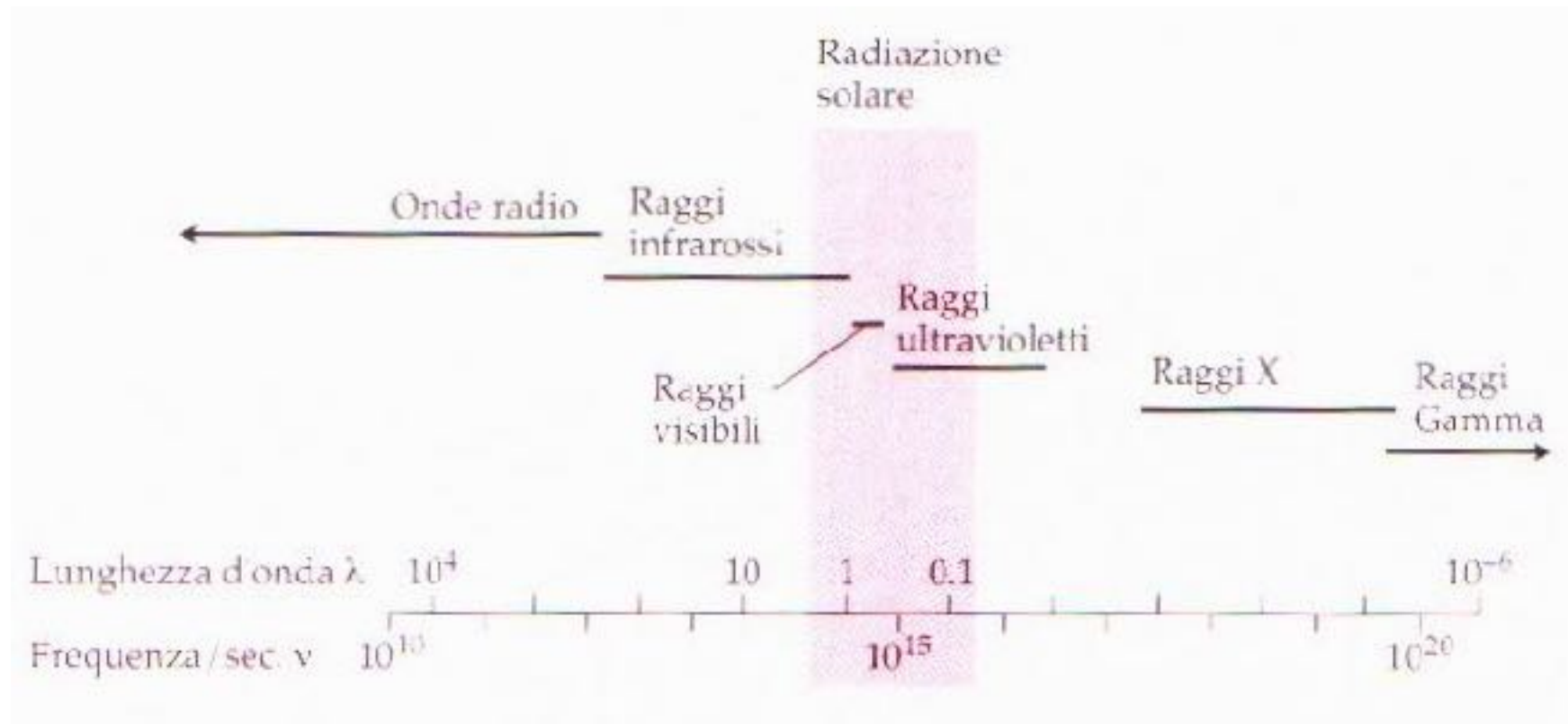
Le terre coltivabili sono circa il 30% di quelle emerse.

Di queste un terzo è produttivo, due terzi è a pascolo.

Energia sussidiaria: ogni risorsa energetica che riduca il costo di automantenimento di un ecosistema e quindi aumenta la quantità di energia disponibile per la produttività



Ecosistemi ed energia

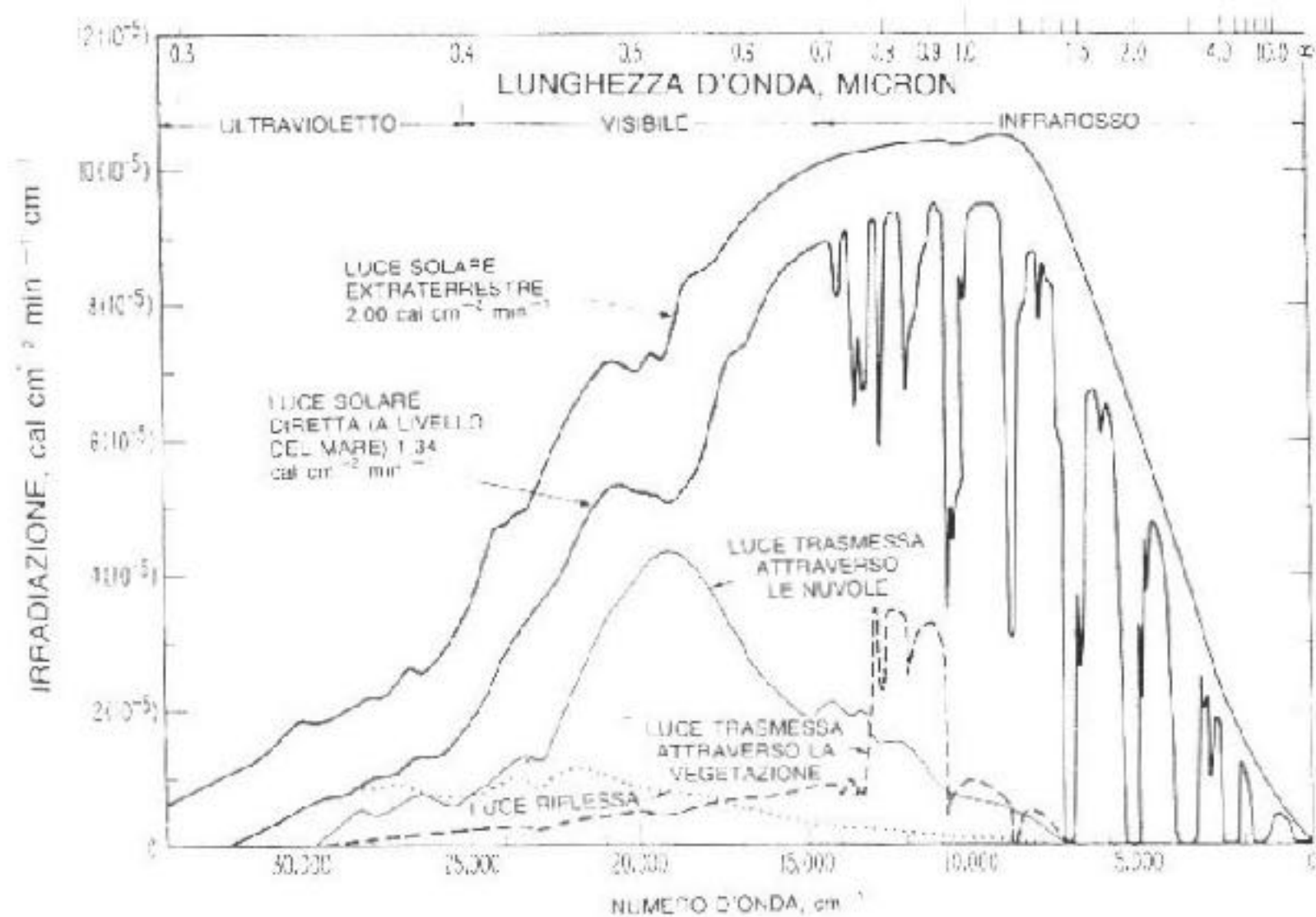


Della radiazione solare che raggiunge il pianeta, solo il 67% raggiunge veramente la superficie terrestre. In particolare gran parte dei raggi ultravioletti vengono bloccati dallo strato di **ozono**. La radiazione che arriva alla superficie terrestre è costituita per il 10% da radiazione ultravioletta, per il 45% da radiazione infrarossa e per il 45% da radiazione visibile.

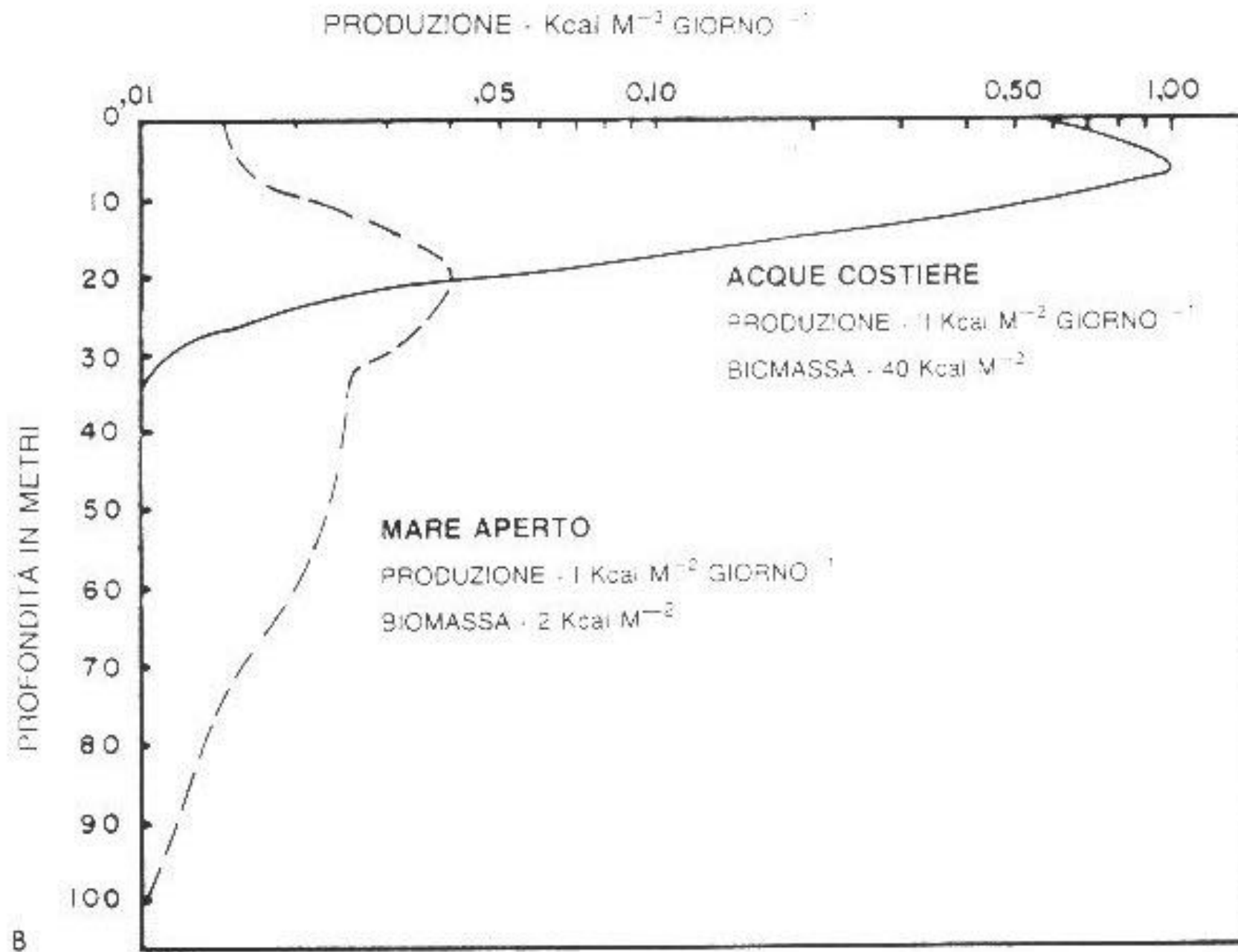
	Percento
Riflessa	30
Conversione diretta in calore	46
Evaporazione, precipitazione	23
Vento, onde e correnti	0,2
Fotosintesi	0,8
Energia delle maree - circa 0,0017 per cento dell'energia solare	
Calore terrestre - circa 0,5 per cento dell'energia solare	

* Secondo Hulbert, 1971

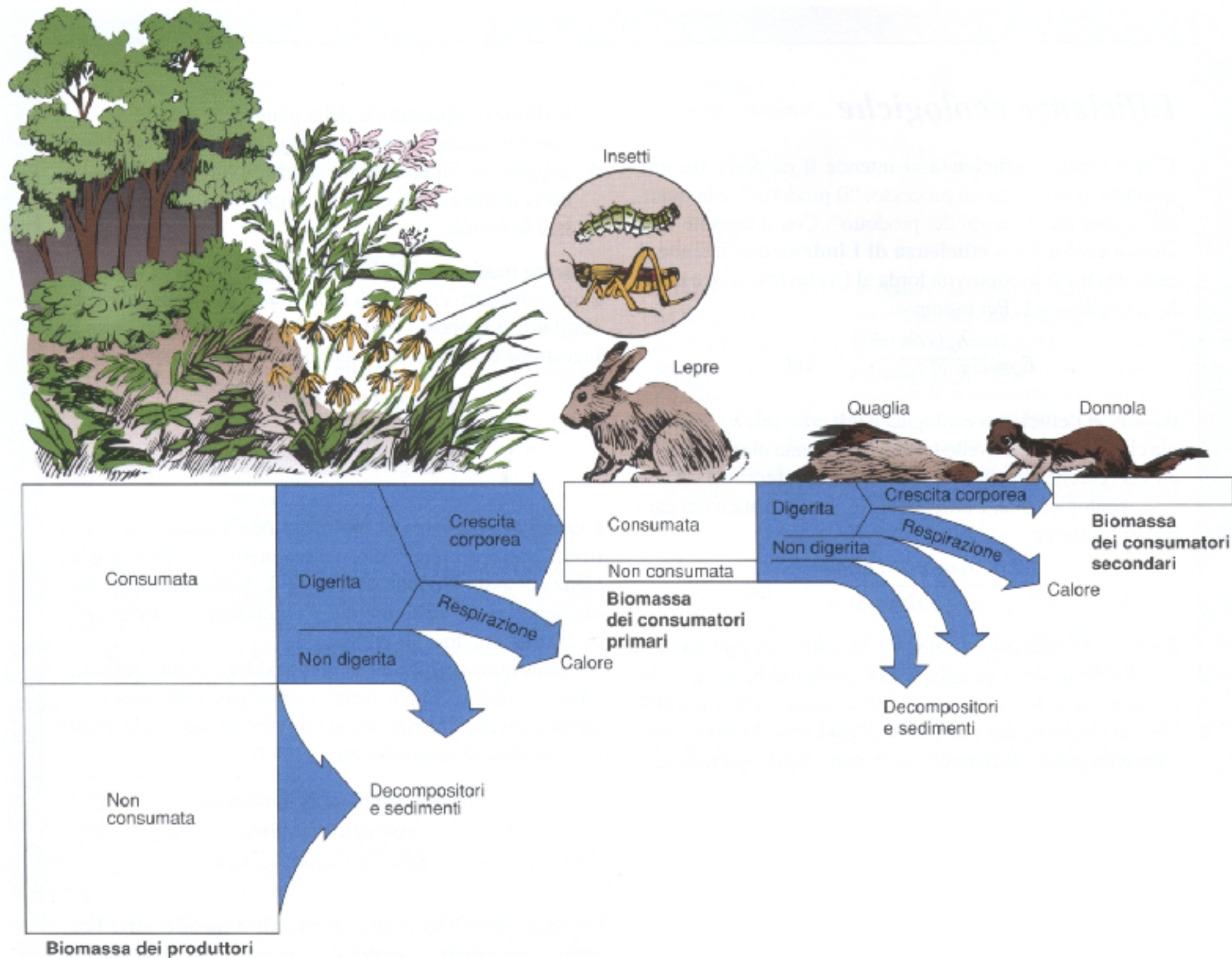
Il calore disperso è energia “inutile” per la biosintesi, ma estremamente utile per i flussi di materia nella ecosfera. Infatti governa il ciclo idrologico ed i regimi climatici.



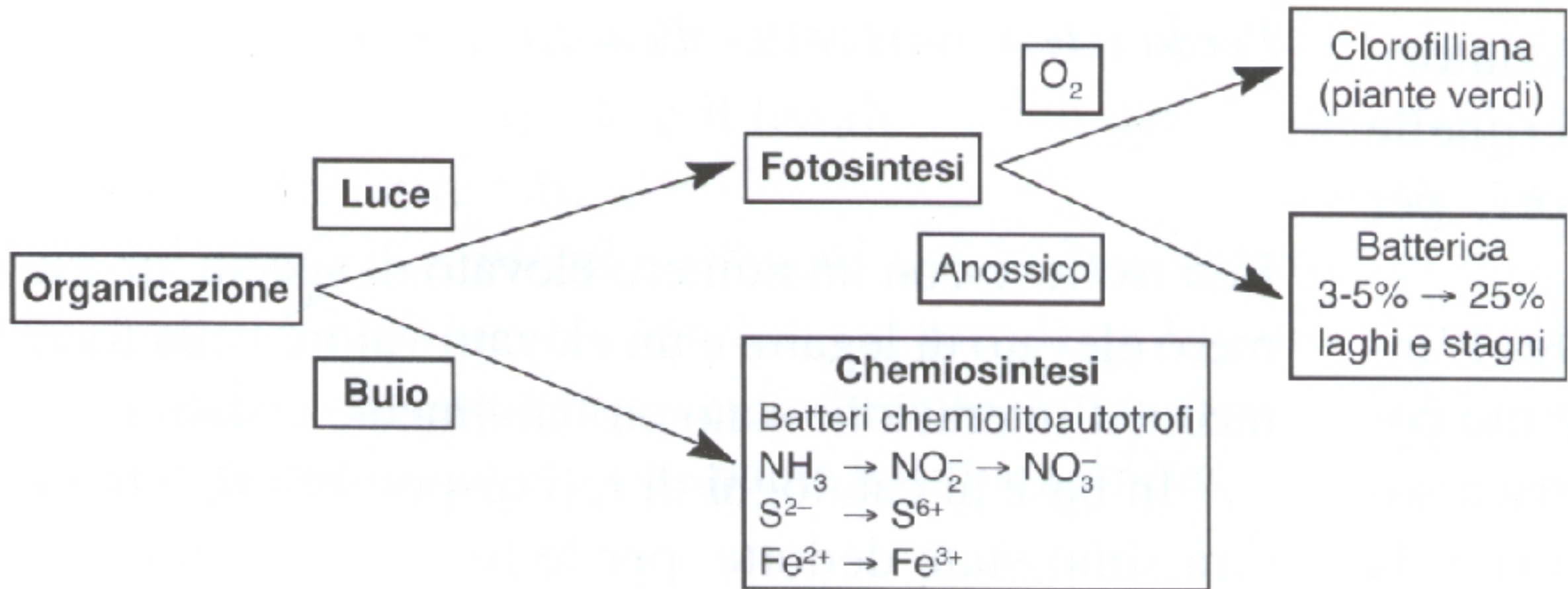
La radiazione visibile in particolare è quella che meno viene assorbita dalle nubi e dall'acqua. Le piante si sono adattate ad usare questa parte dello spettro per la fotosintesi. La vegetazione assorbe fortemente il rosso, il blu ed il lontano infrarosso, molto meno il verde e pochissimo il vicino infrarosso, radiazioni che sono in gran parte riflesse. Queste caratteristiche sono sfruttate nelle tecniche di telerilevamento (Remote Sensing).



La radiazione visibile riesce ad arrivare fino a circa 100 metri di profondità nelle acque più limpide, in mare aperto, consentendo quindi la presenza di organismi fotosintetizzanti anche a queste profondità.



Il flusso di energia attraverso la catena alimentare avviene con una perdita sotto forma di calore ad ogni passaggio.



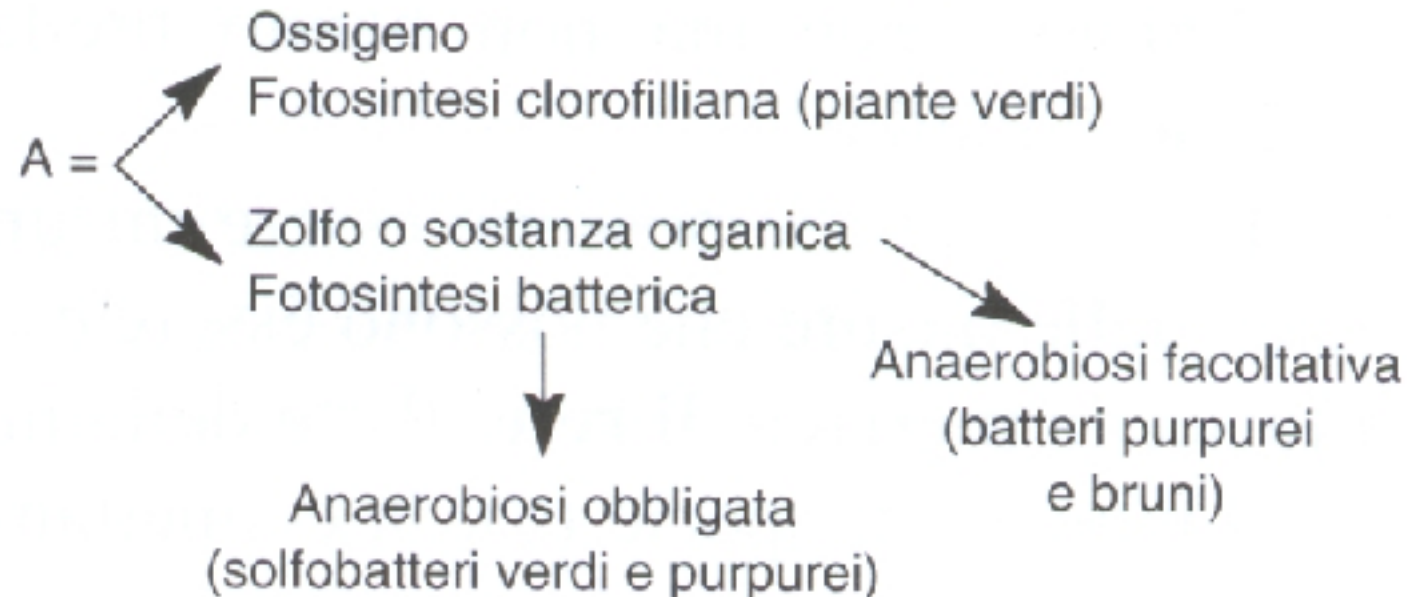
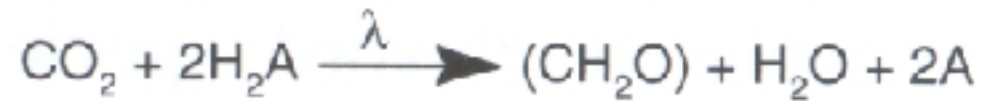
Il carbonio viene **organizzato** (trasformato in una sostanza organica a partire da una sorgente inorganica ed energia) attraverso due diversi tipi di processi, la **chemosintesi** e la **fotosintesi**. Questi processi implicano una serie di reazioni che si svolgono grazie all'energia derivante dalla ossidazione di composti chimici o dalla radiazione solare.

Chemosintesi: energia deriva dalla ossidazione di composti inorganici (da ammoniaca a nitrito, da nitrito a nitrato, da ione ferroso a ione ferrico, ecc.). Gli organismi chemosintetizzanti non hanno bisogno di luce, ma la maggior parte sono aerobi, ovvero hanno bisogno di ossigeno. Esempi sono il solfobatterio *Thiobacillus* (sorgenti sulfuree) e vari azotobatteri, microorganismi coinvolti nei cicli biogeochimici di queste sostanze.

Fotosintesi

(10^{17} g di sostanza organica per anno)

Fonte di energia = Luce solare



Reazione totale:

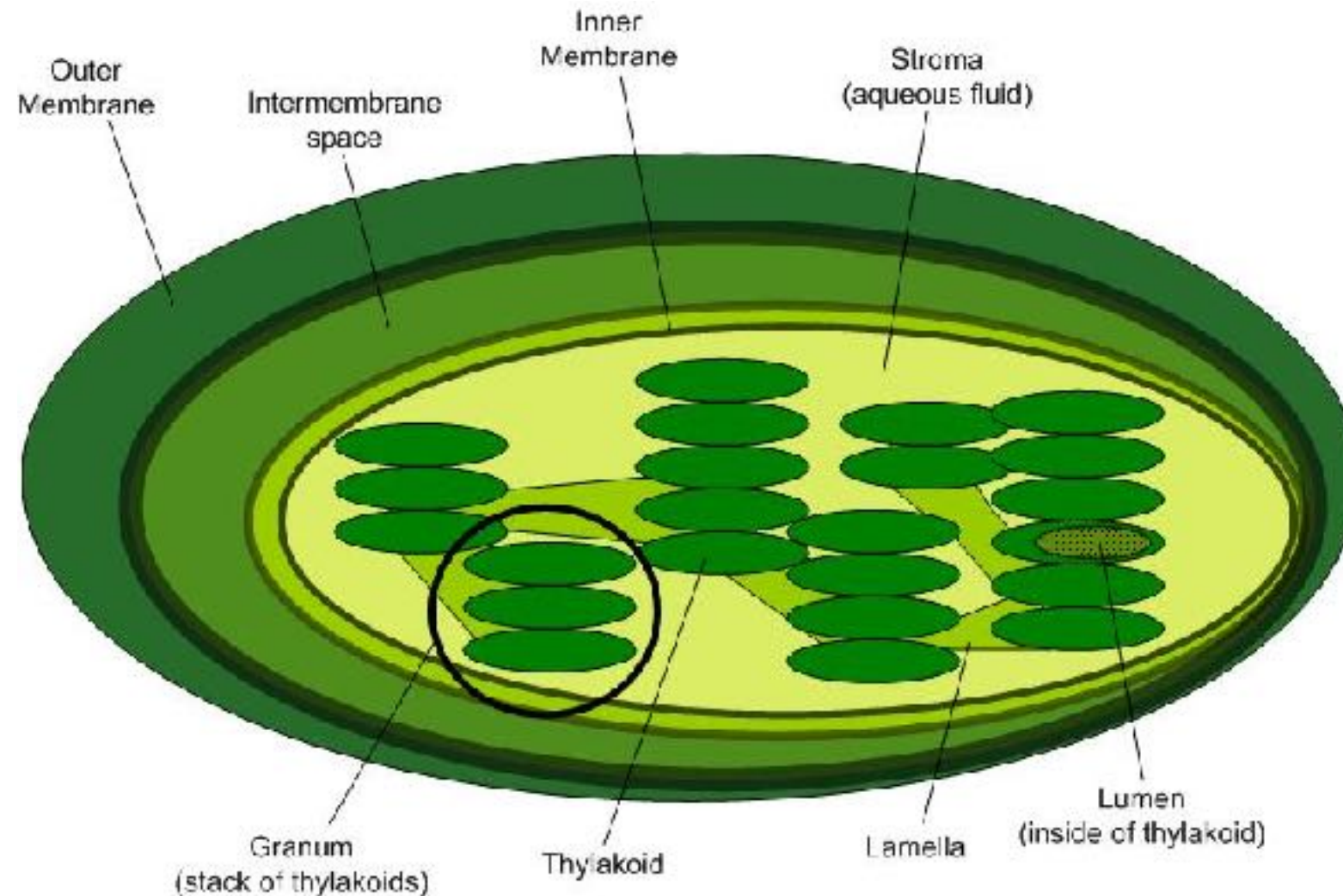


Esistono altri tipi di fotosintesi che non liberano ossigeno, ad esempio quella basata sull'acido solforico, svolta da batteri autotrofi anaerobi obbligati:



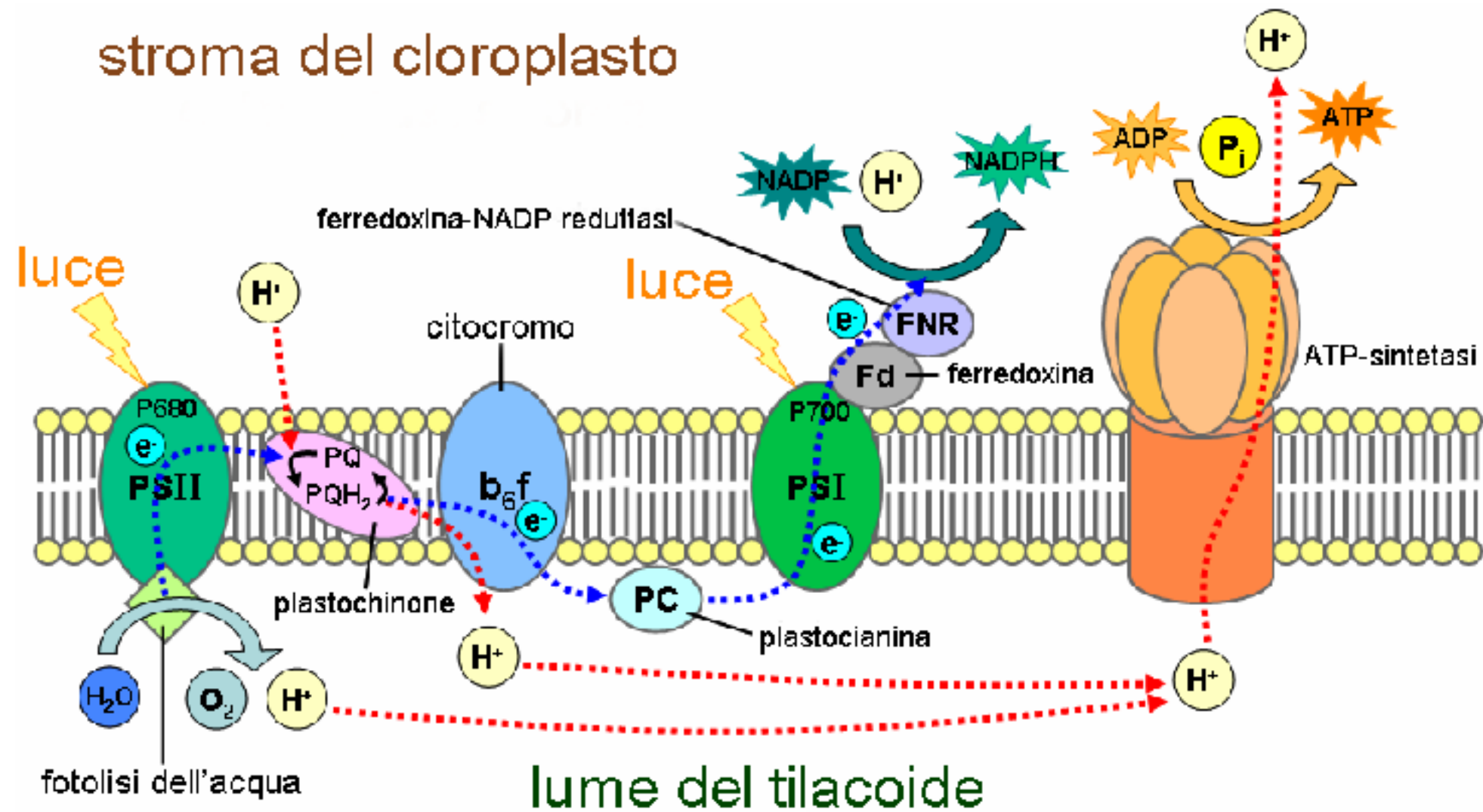
La fotosintesi si svolge in due tappe, dette rispettivamente **fase luminosa** (che necessita dell'apporto energetico della luce solare) e **fase oscura** (detta così non perché avvenga necessariamente al buio, ma perché non necessita dell'energia luminosa).

Il Cloroplasto

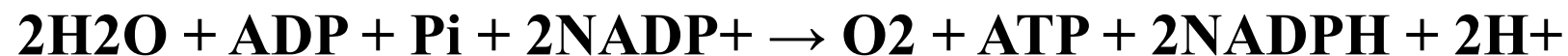


I **cloroplasti** sono organuli presenti nelle cellule di piante ed alghe eucariotiche all'interno dei quali si svolge la fotosintesi. Questi organuli, al pari dei mitocondri, sono di probabile origine **endosimbiontica**. Hanno un proprio DNA, e sono delimitati da una doppia membrana. Al loro interno, detto **stroma**, si trovano le membrane tilacoidali o tilacoidi, alla cui superficie avviene la fase luminosa della fotosintesi. La fase oscura avviene nello stroma. Il progenitore dei cloroplasti era probabilmente un batterio molto simile agli attuali cianobatteri.

Fase Luminosa



La reazione della fase luminosa è:



Questa reazione, catalizzata dall'energia solare catturata dalle **clorofille** e da pigmenti accessori (quali carotenoidi e ficobiline) presenti sulle **membrane dei tilacoidi**, nei cloroplasti. Il ruolo dei pigmenti accessori è quello di aumentare lo spettro luminoso utilizzabile. L'energia viene accumulata nelle molecole **ATP** e **NADPH**. In questa fase viene liberato l'ossigeno derivante dalla fotolisi dell'acqua.

Fase Oscura

La reazione della fase oscura è:



Il carbonio dell'anidride carbonica (+4) viene ridotto (0) grazie agli elettroni prodotti dalla ossidazione dell'ossigeno nella fotolisi dell'acqua.

Queste reazioni avvengono nello stroma del cloroplasto, e prendono il nome di ciclo di Calvin. L'enzima principale coinvolto nel ciclo di Calvin è la **ribulosiodifosfato carbossilasi** (RuDp carbossilasi o RuBisCO). Questo lega la CO₂ al ribulosio-1,5-difosfato (RuDp). Il composto a 6 atomi di carbonio che si forma si scinde in due molecole di **3-fosfoglicerato** (PGA). Per questo il ciclo di Calvin viene detto **ciclo C3**, e le piante che lo presentano sono dette **piante C3**.

Grazie all'energia delle molecole di ATP e NADPH il 3-fosfoglicerato viene convertito in 3-fosfogliceraldeide (G3P). Ogni 6 molecole di CO₂ si formano 12 molecole di G3P. 10 di queste vanno a riformare il pool di RuDp. Le due rimanenti sono il guadagno netto del ciclo, e sono usate per produrre **fruttosio difosfato**, che, nella maggior parte dei casi, viene poi usato per produrre **glucosio fosfato**, pronto ai diversi utilizzi della pianta (produzione di amido, cellulosa, saccarosio).

