

Università degli Studi di Trieste

Corso di Studio in

Scienze e Tecnologie Biologiche

Ecosistema:

- *Definizione di sistema*
- *L'ecosistema*
- *Scale gerarchiche*
- *Omeostasi e Omeoresi*
- *Proprietà emergenti*
- *Ipotesi Gaia*
- *Reti trofiche*
- *Tipi di ecosistemi*
- *Funzioni*
- *Dimensione*
- *Organizzazione*
- *Scale spaziali e scale temporali*
- *Stabilità*
- *Ridondanza*

ECOLOGIA

Prof. Monia Renzi (BIO/07)
mrenzi@units.it

III anno – I Semestre

(*) Il materiale didattico fornito dal docente può contenere parti o immagini soggette a copyright, la diffusione e/o riproduzione non è autorizzata.



L'**ecosistema** costituisce l'unità funzionale di studio dell'Ecologia.

Caratteristiche principali sono:

- struttura
- funzioni
- organizzazione
- dimensione spaziale
- evoluzione



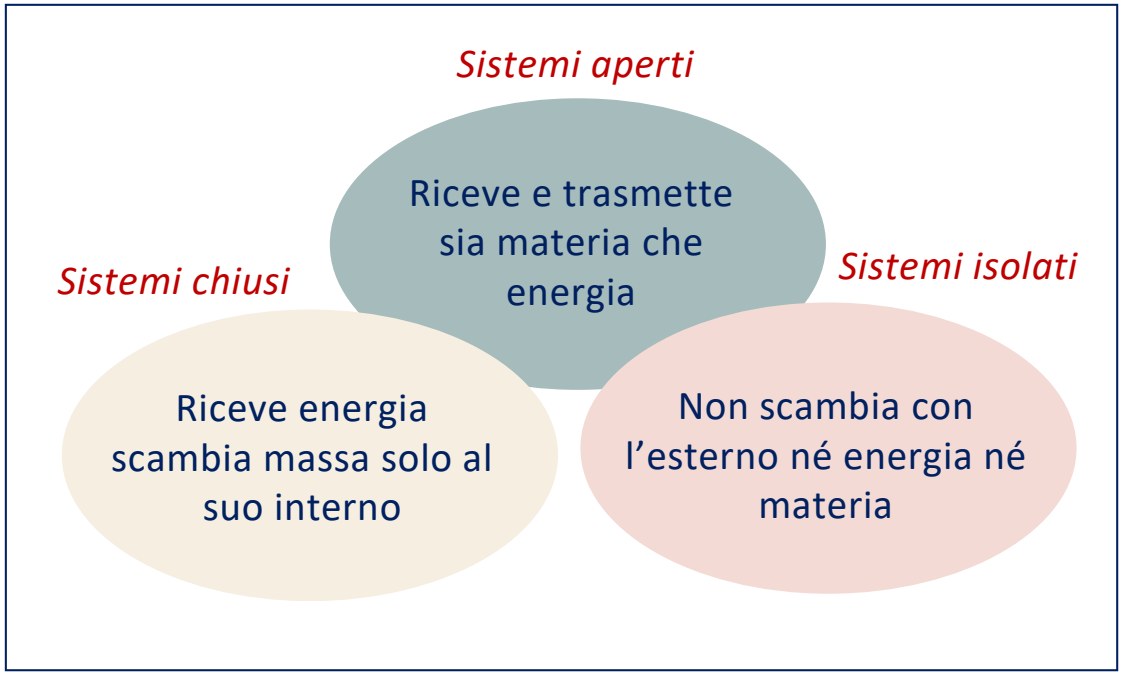
Immagine di A. Tozzi ®

ECOSISTEMA

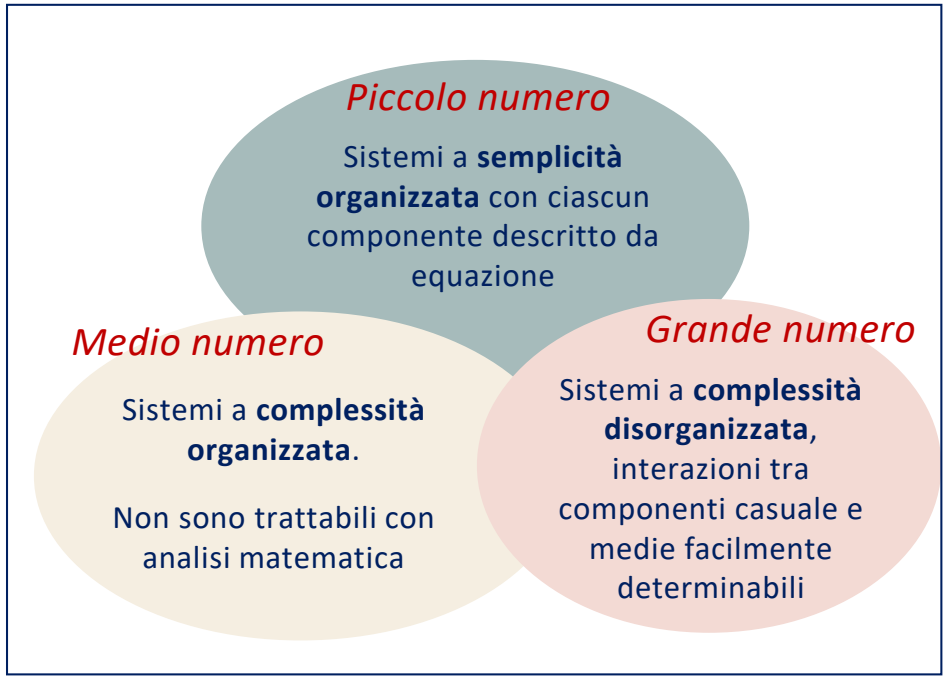
DEFINIZIONE DI SISTEMA

- ✓ Insieme di due o più componenti che interagiscono tra loro, circondate da un ambiente con cui può interagire o meno (Hall & Fagan, 1956).
- ✓ Unità complessa nello spazio e nel tempo, costituita in modo tale che le sub-unità che lo compongono preservino la loro configurazione interna e tendano a restaurarla dopo perturbazioni non distruttive (Weiss, 1971).

Classificazione su base termodinamica



Classificazione in base al numero



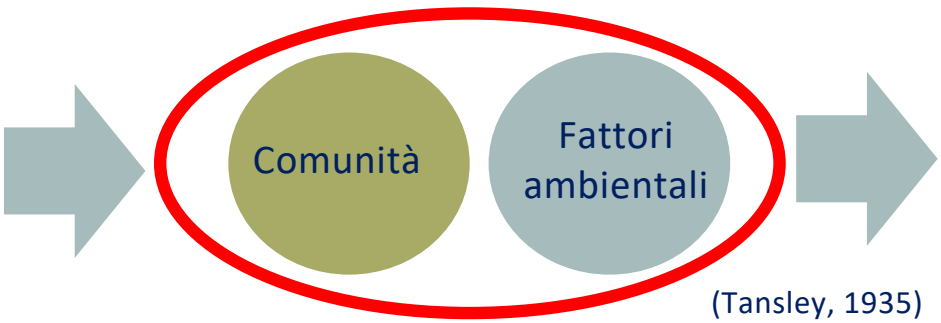
Unione delle componenti abiotiche con quelle biotiche.

Gli ecosistemi sono **sistemi aperti** che scambiano materia ed energia con l'esterno.

Le componenti principali sono tre:

- comunità e reti trofiche
- cicli della materia
- flusso di energia

Ecosistema



(Tansley, 1935)

I sistemi ecologici sono APERTI

La BIOSFERA è un sistema CHIUSO(*)

(*)sebbene una minima parte di materia sia persa nello spazio interplanetario

Il sistema solare è un **sistema ISOLATO** può essere, infine, costituito dal sistema solare, in quanto include oltre alla materia anche la sorgente di energia.

L'**ecosistema** è la più piccola unità che può sostenere in isolamento la vita sulla biosfera, in isolamento da tutto tranne che dalla atmosfera circostante (Morowitz, 1968).



Ecosistemi complessi presentano reti di interconnessioni e flussi energetici notevolmente sviluppate



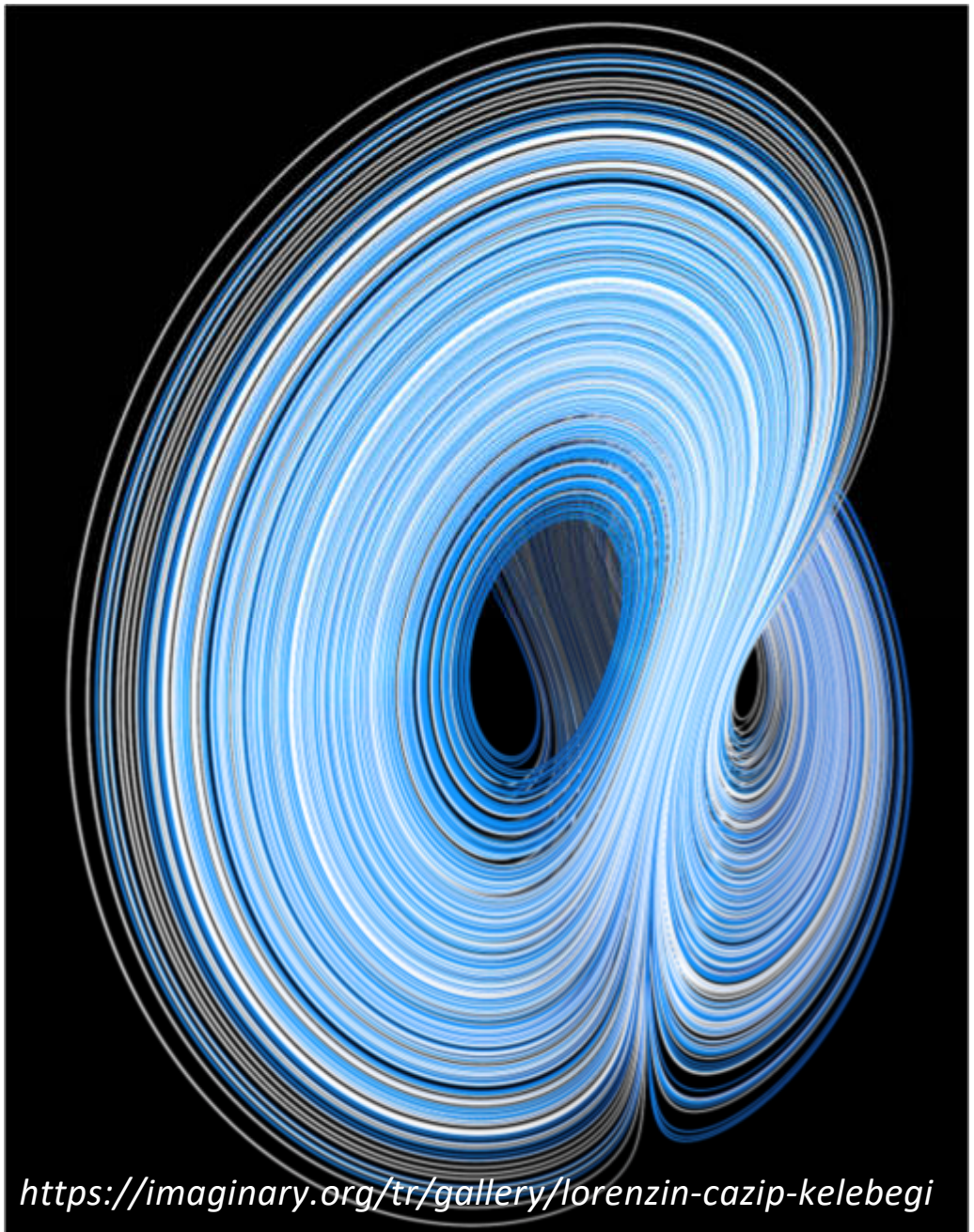
Progetto BIOSFERA 2 (Deserto di Sonora) è durato solo 15 giorni

Di DrStarbuck at Flickr - https://www.flickr.com/photos/drstarbuck/3783804640/sizes/o/, CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7883193

Gli ecosistemi sono **entità complesse.**

La complessità deriva dall'elevato numero di componenti (fattori abiotici e biologici) e dalle interrelazioni all'interno dei comparti e tra comparti (predazione, competizione, mutualismo, parassitismo, decomposizione, ciclo degli elementi e riciclo della materia).

L'elevata complessità produce **proprietà emergenti** che conferiscono agli ecosistemi capacità di autoregolazione e riparazione



https://imaginary.org/tr/gallery/lorenzin-cazip-kelebegi

Proprietà emergenti

Sebbene le conoscenze dei livelli di base siano necessarie non sono sufficienti per comprendere il funzionamento del livello superiore.



La somma delle singole parti non è sufficiente a descrivere il sistema nella sua complessità.

Una delle principali conseguenze dell'organizzazione gerarchica degli ecosistemi è che tutte le componenti si combinano tra loro per produrre un insieme funzionale più grande.

Si definisce **proprietà emergente** di un livello ecologico una proprietà che si forma come risultato dall'interazione funzionale fra le sue componenti

Questo esprime, spesso, nuove proprietà che non sono evidenti al livello inferiore.

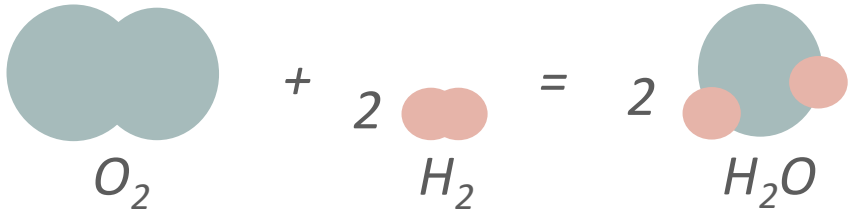


L'intero è più della somma delle sue singole parti
Una foresta è più che la somma degli alberi

Esempi di proprietà emergenti:

Il colore degli oggetti macroscopici; la capacità di replicarsi delle cellule; il pensiero umano.

Proprietà emergenti - Esempi



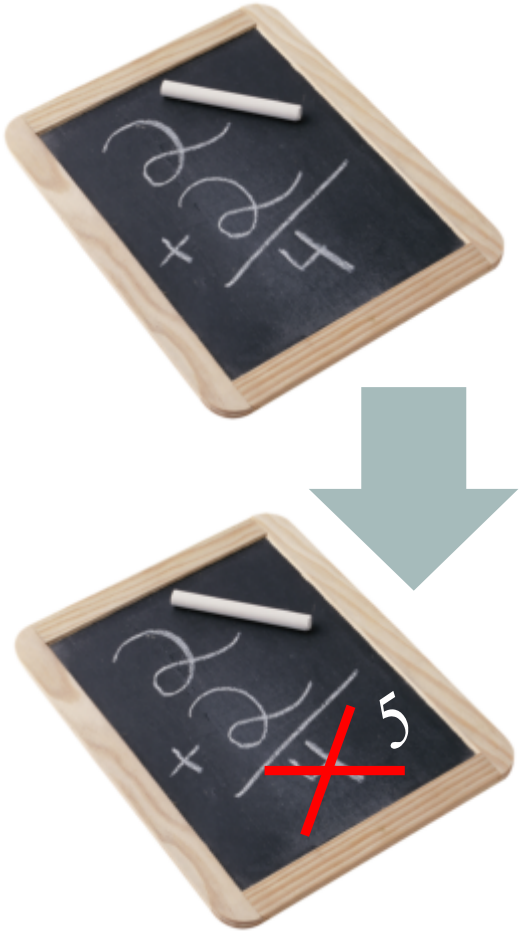
Molecole gassose Liquido

I polipi dei Celenterati evolvono insieme ad alcune alghe per formare il corallo, si origina la barriera corallina, difficilmente immaginabile come somma tra polipo e alga unicellulare





Produzione di materia, riciclo, e funzionamento degli ecosistemi **sono caratteristiche emergenti**.
Anche la capacità auto-regolativa, auto-organizzativa e risposta alle perturbazioni.





https://slideplayer.it/slide/4848455/

GERARCHIA: DISPOSIZIONE ENTRO UNA SERIE ORDINATA DI COMPARTI



ESEMPI DI SCALE GERARCHICHE



Provincia



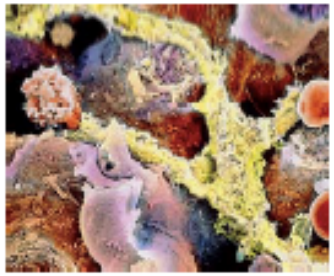
Regione



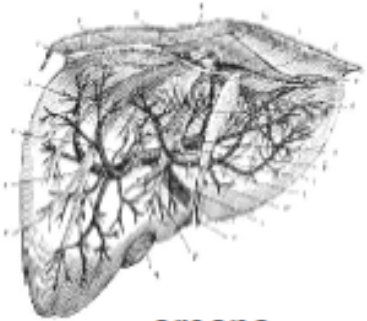
Nazione



cellula



tessuto



organo

Gerarchie ecologiche

(Webster's Collegiate Dictionary)

Ecosistema

Un sistema consiste "*di componenti interdipendenti che regolarmente interagiscono e che formano un tutt'uno*"

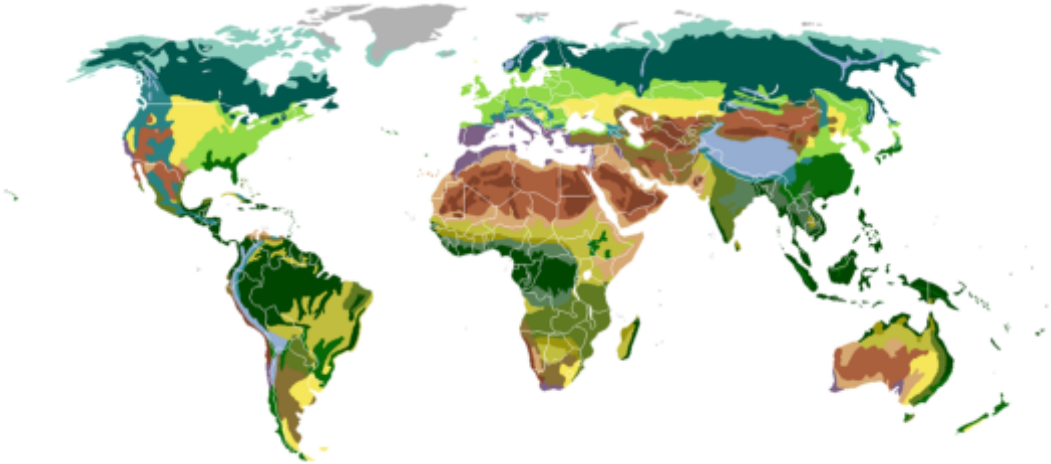




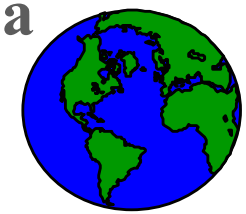
Immagine di A. Tozzi ®

Paesaggio

Biomi



Regione biogeografica



Biosfera o ecosfera

Per comprendere alcuni aspetti della complessità dei sistemi naturali, lo studio dell'Ecologia fa riferimento ai concetti della organizzazione gerarchica.

Stato stabile pulsante

Ciascun livello gerarchico influenza ciò che accade nel livello vicino



Stato stabile pulsante

I grandi ecosistemi sono meno variabili nel tempo delle loro componenti

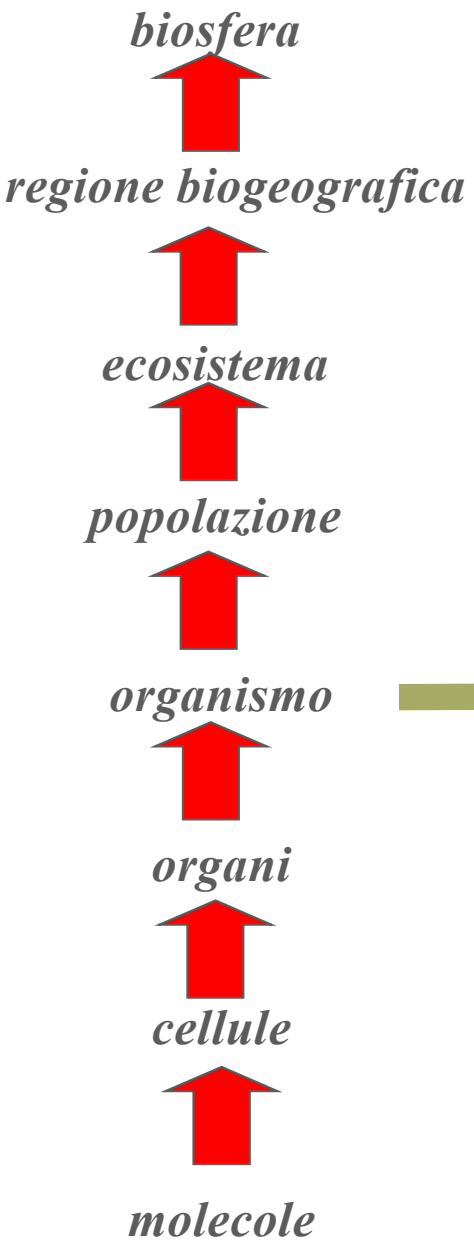
Le interazioni ai livelli gerarchici superiori sono più stabili e lente (a lungo termine)

Interazione ospite/parassita

Disequilibrio ciclico spesso caotico

Sebbene le conoscenze dei livelli di base siano necessarie non sono sufficienti per comprendere il funzionamento del livello superiore

OMEOSTASI E OMEORESI



Il sistema è mantenuto in equilibrio (Stato stabile pulsante) da feedback positivi e negativi (omeoresi; definito da Waddington, 1975)

Es. Livello di CO_2 in atmosfera. Non esistono controlli puntiformi (tipo termostati o chemiostati)

Punti specifici di controllo mantengono il sistema nei limiti di stabilità (omeostasi)

Es. Regolazione della temperatura corporea da parte del sistema nervoso centrale



IPOTESI GAIA

Lovelock (1979) ha formulato la **"Gaia Ipotesi"** secondo cui la biosfera è un super-organismo, in grado di regolare le caratteristiche dell'ambiente fisico in cui vive.

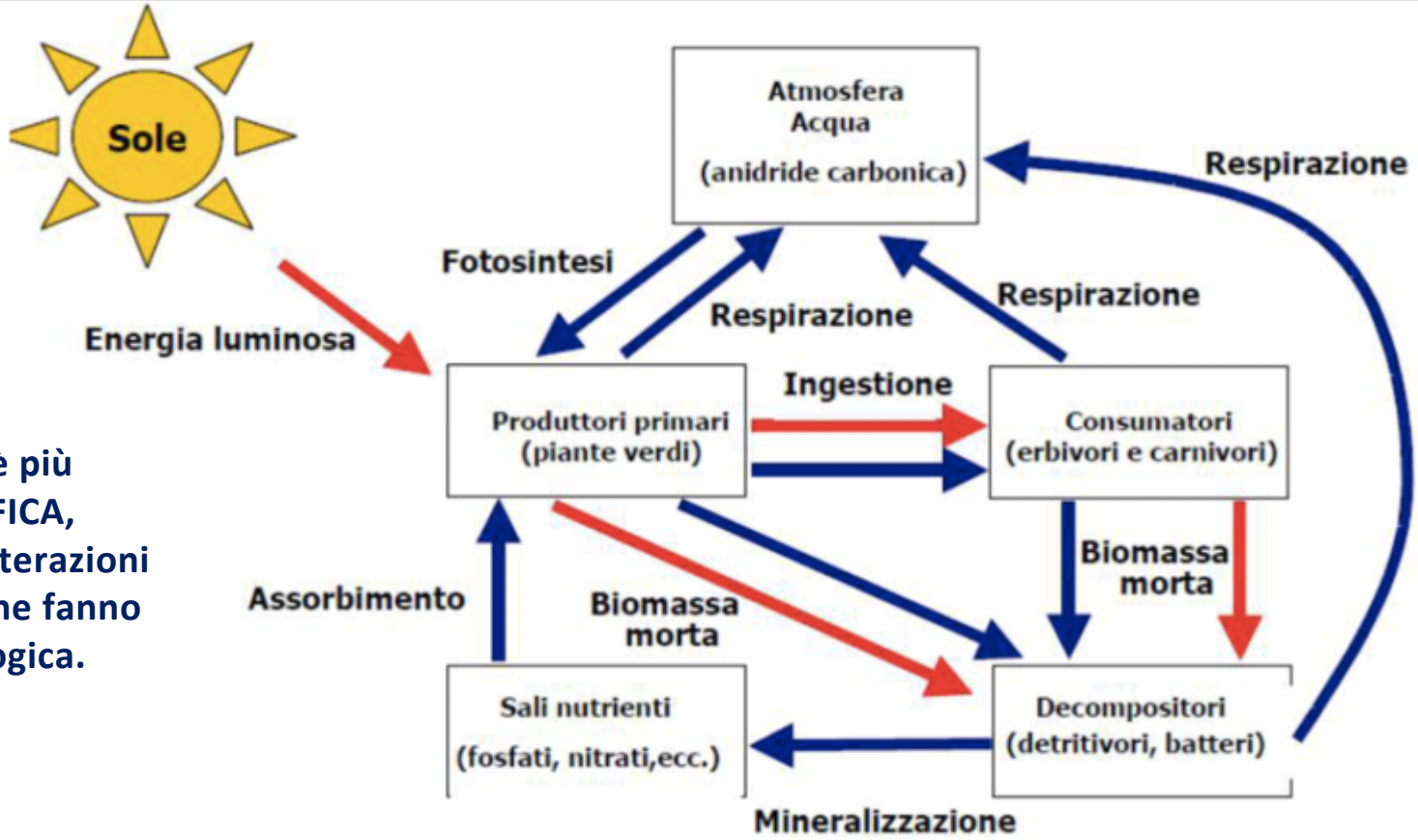
- I pianeti più vicini hanno una composizione chimica dell'atmosfera molto simile tra di loro, dominata da CO_2 e molto diversa da quella della Terra.
- Le concentrazioni dei due gas più abbondanti in atmosfera (N_2 e O_2) **sono controllate da processi biotici(*) che si realizzano negli ecosistemi.**

Secondo Lovelock, ***gli organismi non solo si adattano all'ambiente fisico*** *ma la loro azione combinata negli ecosistemi fa si che* ***l'ambiente geochimico si adatti alle loro necessità.***

(*) azoto-fissazione e denitrificazione per l'azoto fotosintesi e decomposizione per l'ossigeno.

ECOSISTEMA E RETI TROFICHE

Energia e materia nell'ecosistema si trasferiscono tramite le reti alimentari o la catena del detrito

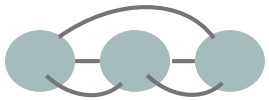


All'interno di un ecosistema è più corretto parlare di RETE TROFICA, intendendo l'insieme delle interazioni alimentari tra gli organismi che fanno parte della componente biologica.



Numero di specie (S) (es. 3)

Numero di connessioni (L) (es. 3)



Connettanza: rapporto tra connessioni reali e connessioni possibili (C)

C = L/S(S-1)(es. 0,5)

Linkage density: numero medio di connessioni per specie (D)

D = L/S (es. 1)

- **Livello trofico**: posizione di un organismo all'interno della rete trofica.
- **Connessione trofica**: relazione alimentare tra organismi.

CLASSIFICAZIONE TROFICA DEGLI ORGANISMI

Gli organismi sono classificati in **base alla loro funzione** senza tenere conto della specie a cui appartengono

- Fotosintetizzanti, produttori, primo livello trofico 
- Erbivori, consumatori primari, secondo livello trofico 
- Carnivori, consumatori secondari, terzo livello trofico 



Il luccio (Esox lucius, L.) a che livello trofico appartiene?

Planctivoro da giovane, carnivoro secondario e terziario da adulto

http://www.anonimacucchiaino.it/2014/12/30/il-grande-luccio-in-fiume-aspi-e-lucci-seconda-parte/

BIOMASSA

In ecologia la massa di materia organicata dalla specie è un parametro importante.

La maggior parte è rappresentata dai produttori primari e da piante e alghe nei sistemi acquatici

La massa dei batteri chemiosintetici è generalmente irrilevante

BIOMASSA è la quantità di massa per unità di superficie (o di volume)

Si misura come sostanza organica secca per unità di superficie

Tipi di Ecosistemi

Ecosistema Autotrofo



Attività autotrofe ed eterotrofe sono in equilibrio

Ecosistema eterotrofo



Varie specie (ostriche, vermi, crostacei, mitili)

Consumano più energia di quanta ne producano

FUNZIONI DELL'ECOSISTEMA

Funzioni in termini di flusso energetico

Organicazione

Produzione di materia organica autotrofi con utilizzo di energia luminosa (fotosintesi) o di energia chimica (chemiosintesi).

Trasferimento

Reti alimentari in cui gli organismi consumano e sono consumati in una serie di legami preda-predatore.

Decomposizione

Degradazione della materia organica morta (detrito). Si realizza attraverso una interazione tra microrganismi (batteri e microfunghi), organismi decompositori (detritivori), loro predatori e caratteristiche abiotiche.



Immagine di A. Tozzi ®

Funzioni in termini di ciclizzazione nutrienti

Cicli biogeochimici

Percorsi di riciclizzazione sono principalmente (Odum, 1988):

- *per decomposizione microbica del detrito*
- *per escrezione animale*
- *per riciclizzazione diretta da pianta a pianta attraverso microrganismi simbionti*
- *per via fisica attraverso l'azione diretta dell'energia solare*
- *attraverso l'uso di combustibili (i.e. fissazione industriale dell'azoto).*

Organizzazione DELL'ECOSISTEMA

Organizzazione

STRUTTURA TROFICA

A rete come nelle reti trofiche
A compartimenti come nei modelli a compartimenti energetici.

FUNZIONALE

Invasione sotto il controllo del disturbo e del reclutamento degli individui

Coevoluzione

La disponibilità di energia e le modalità di ripartizione della stessa e delle risorse controllano principalmente il tipo di organizzazione dell'ecosistema.

ORGANIZZAZIONE SPAZIALE

Ecosistemi bi-dimensionali (e.g. praterie, savane)

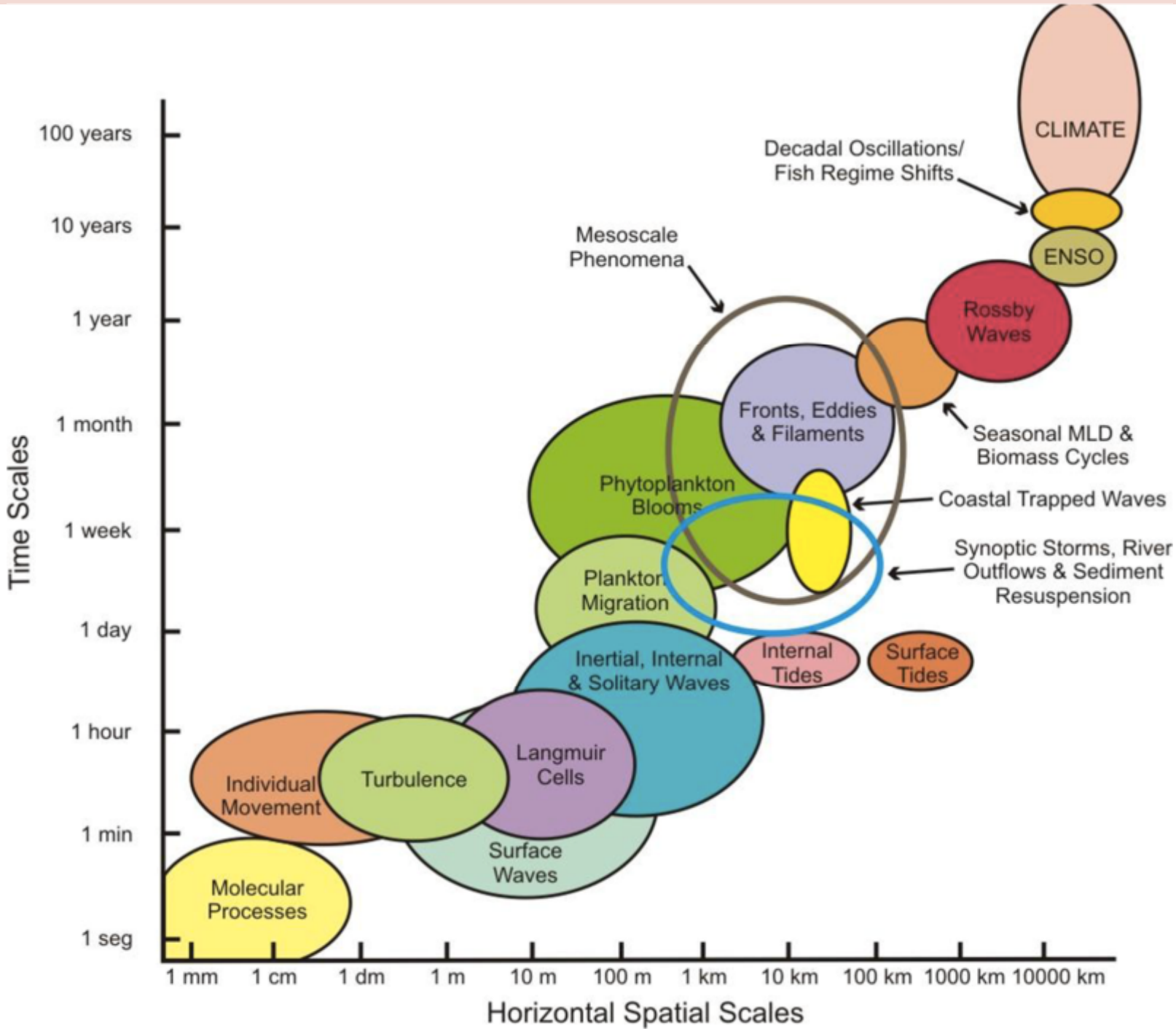
Ecosistemi tri-dimensionali (e.g. mare, laghi, foreste tropicali pluviali).

DIMENSIONE SPAZIALE DELL'ECOSISTEMA

Limite spaziale di un ecosistema: limite geografico massimo oltre il quale le interazioni del sistema con il suo intorno sono trascurabili

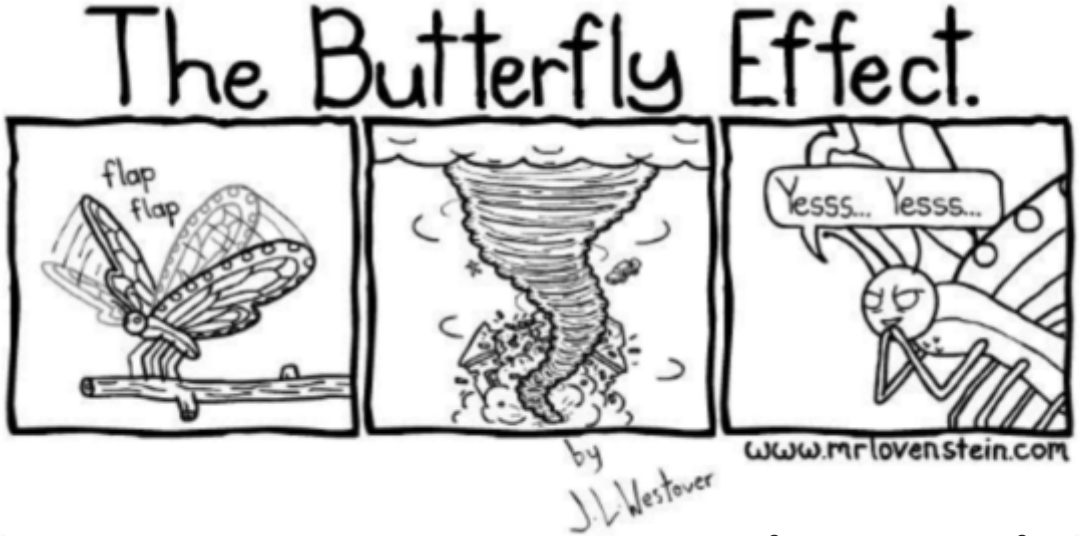
L'uomo, con le sue attività, è uno dei principali agenti di modificazione delle dimensioni spaziali degli ecosistemi, attraverso una frammentazione crescente che rappresenta una delle più forti pressioni perturbative sull'ambiente.

SCALE SPAZIALI E TEMPORALI DEI FENOMENI



GLI ECOSISTEMI SONO SISTEMI CAOTICI

Gli ecosistemi possono essere assimilati a sistemi caotici deterministici, cioè sistemi regolati da leggi causa-effetto che però determinano andamenti non distinguibili da comportamenti casuali, e quindi scarsamente prevedibili nel lungo termine.



"Una farfalla batte le ali a Pechino e a New York arriva la pioggia invece del sole".

Jan Malcolm (l'attore Jeff Goldblum) in Jurassic Park.

La versione moderna: «un uomo tocca un pangolino nel mercato di Wuhan (Cina) e cambia la storia del genere umano» …

Questi sistemi sono sensibili alle condizioni iniziali, per cui piccole variazioni che intervengono in un dato momento possono causare grandi divergenze nello stato del sistema in futuro. Inoltre, lo stato può transitare nello spazio di esistenza del sistema in modo imprevedibile condensandosi nell'ambito di un nuovo bacino di attrazione.

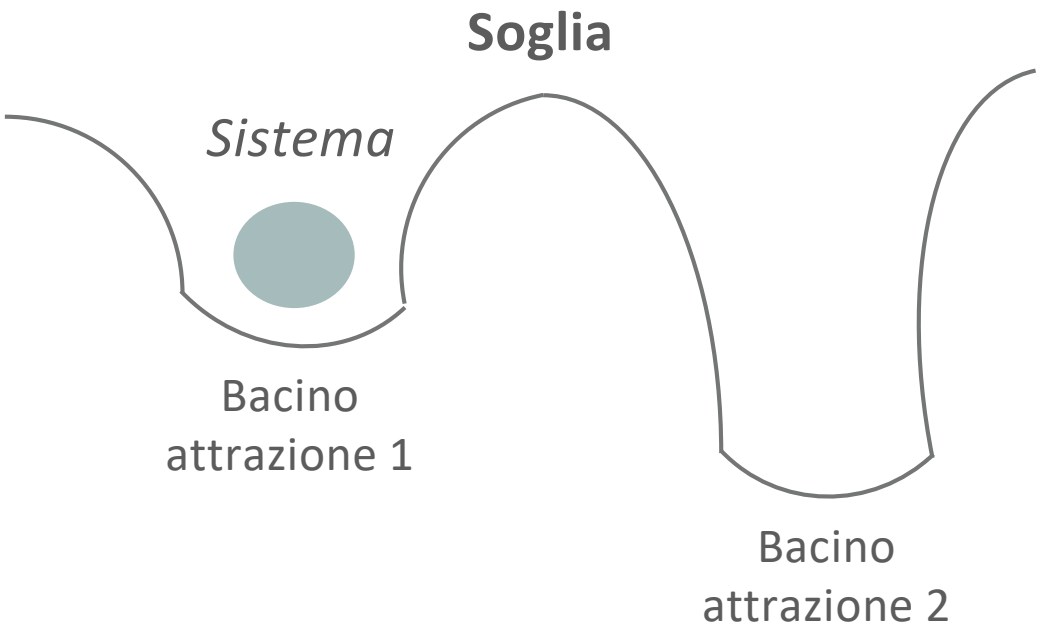
Lo stato del sistema: la stabilità

Stabilità = Proprietà di mantenere la condizione di equilibrio (persistenza) e di recuperarla dopo una perturbazione non distruttiva (Holling, 1973; Underwood, 1989)

I **sistemi stabili presentano un attrattore**, il flesso energetico dinamico nel quale l'ecosistema converge per massimizzare l'entropia.

Nell'attrattore, il sistema si troverà all'interno di un intervallo di condizioni, struttura e funzioni che connotano il sistema in quel determinato stato dinamico.

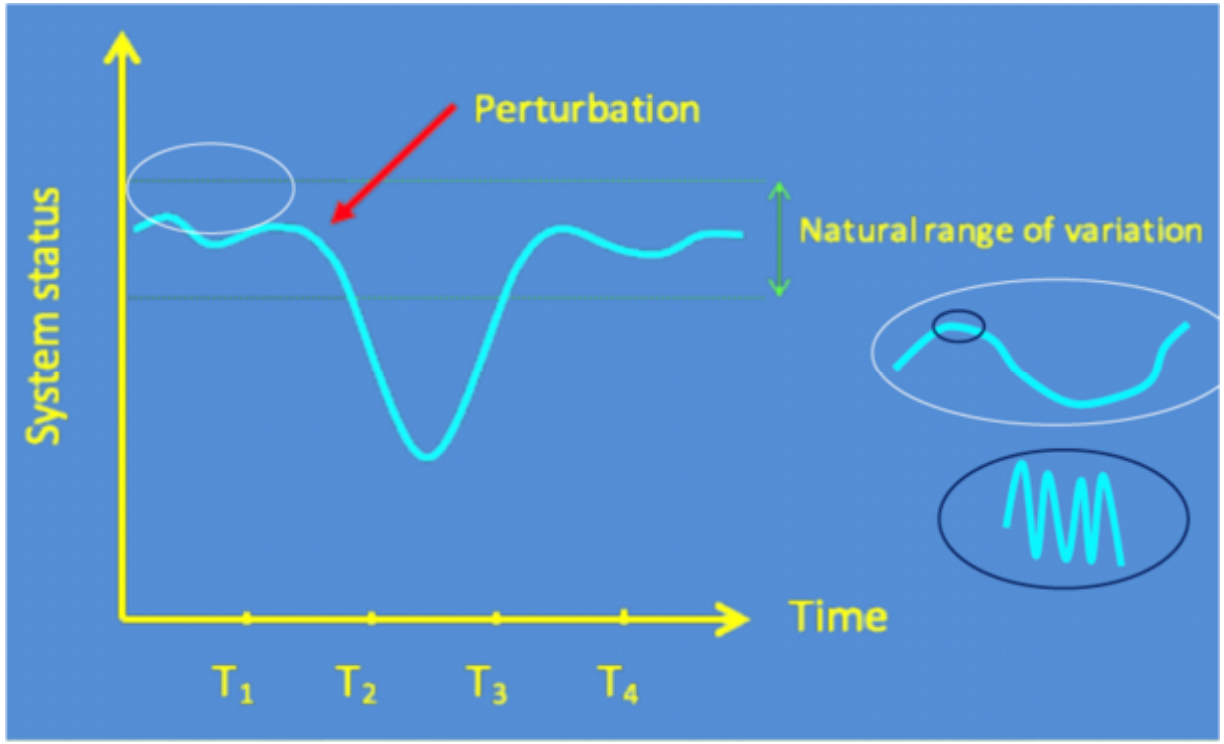
I possibili **attrattori teorici verso i quali un sistema può convergere sono molteplici e definiscono uno stato differente del sistema**. Le soglie critiche sono i passaggi tra stati alternativi, attraverso i quali il sistema transita da un bacino di attrazione all'altro.



Questi prendono il nome di tipping points o biforcazioni.

Una perturbazione è una qualsiasi interferenza con i processi e/o la struttura di un sistema (o di una sua componente) causata da un agente di disturbo.

La perturbazione è quindi un cambiamento nello stato del sistema più ampia della fluttuazione naturale dell'ecosistema.



Ampiezza, direzione e persistenza della perturbazione dipendono dall'intensità, frequenza, ed estensione spaziale del disturbo.

- Stabilità di resistenza (Boesch, 1974); Persistenza (Margalef, 1969), Inerzia (Orians, 1974; Underwood, 1989):

Capacità di un ecosistema evitare lo spostamento dallo stato in cui si trova. È definibile **come entità minima di una perturbazione che induce un cambiamento**.

- la foresta di conifere californiana è molto resistente al fuoco, ma se divampa un incendio essa recupera molto lentamente o per nulla;
- la vegetazione della macchia mediterranea si incendia molto facilmente, ma recupera velocemente in pochi anni.

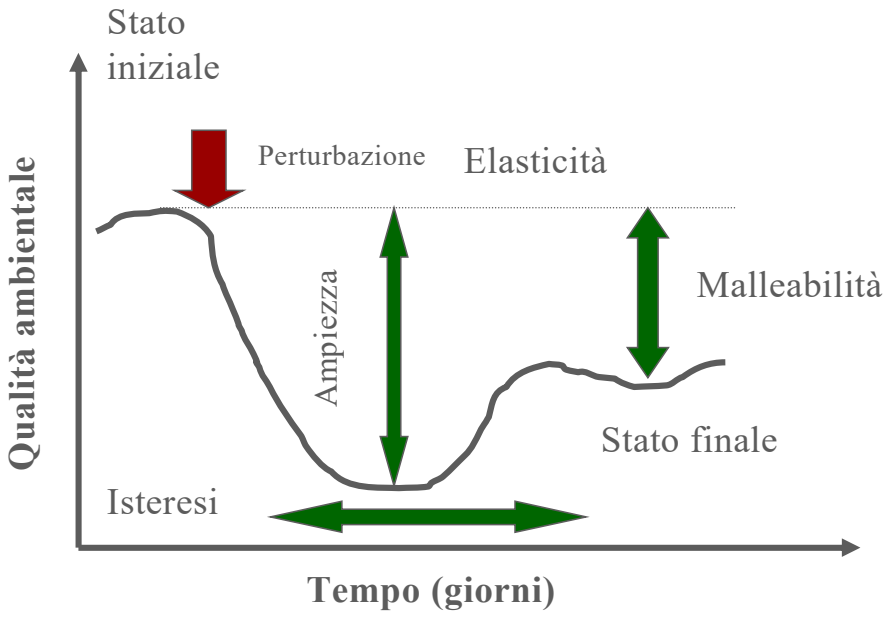
- Stabilità di resilienza (Boesch, 1974); Elasticità (Orians, 1974):

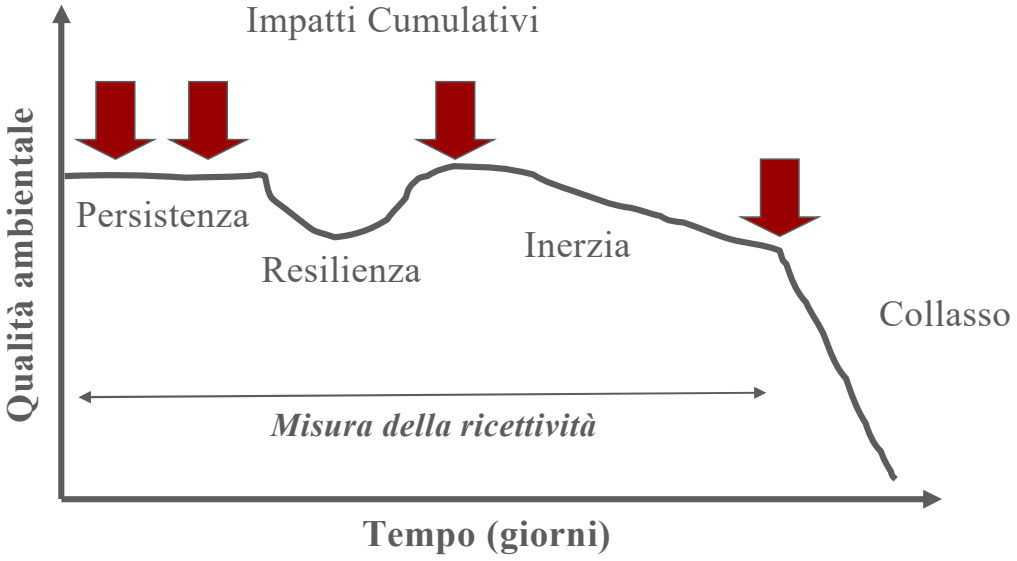
Velocità con cui l'ecosistema ritorna al suo stato di equilibrio dopo essere stato perturbato.

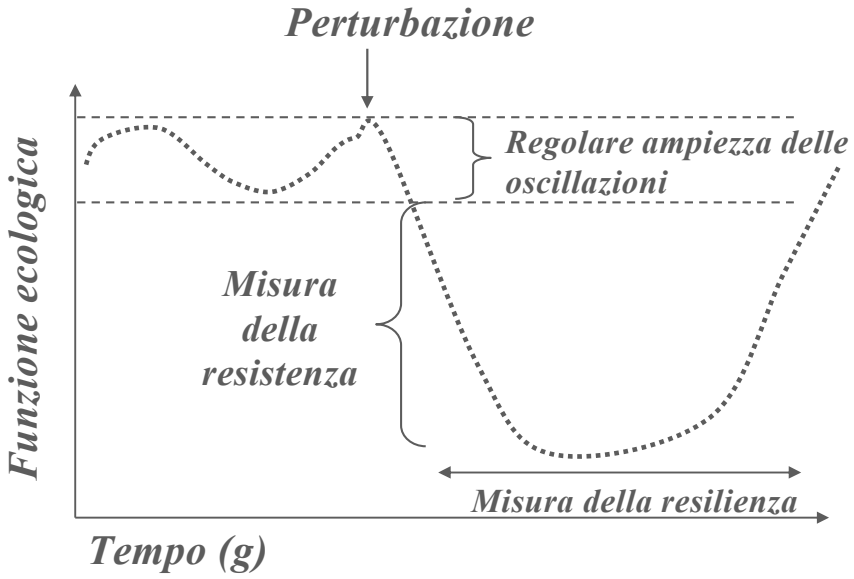
Resistenza e Resilienza

<u>Stabilità locale:</u> tendenza a ritornare allo stato iniziale (o prossimo) dopo una piccola perturbazione.

<u>Stabilità globale:</u> tendenza a ritornare alle condizioni iniziali dopo una grande perturbazione.





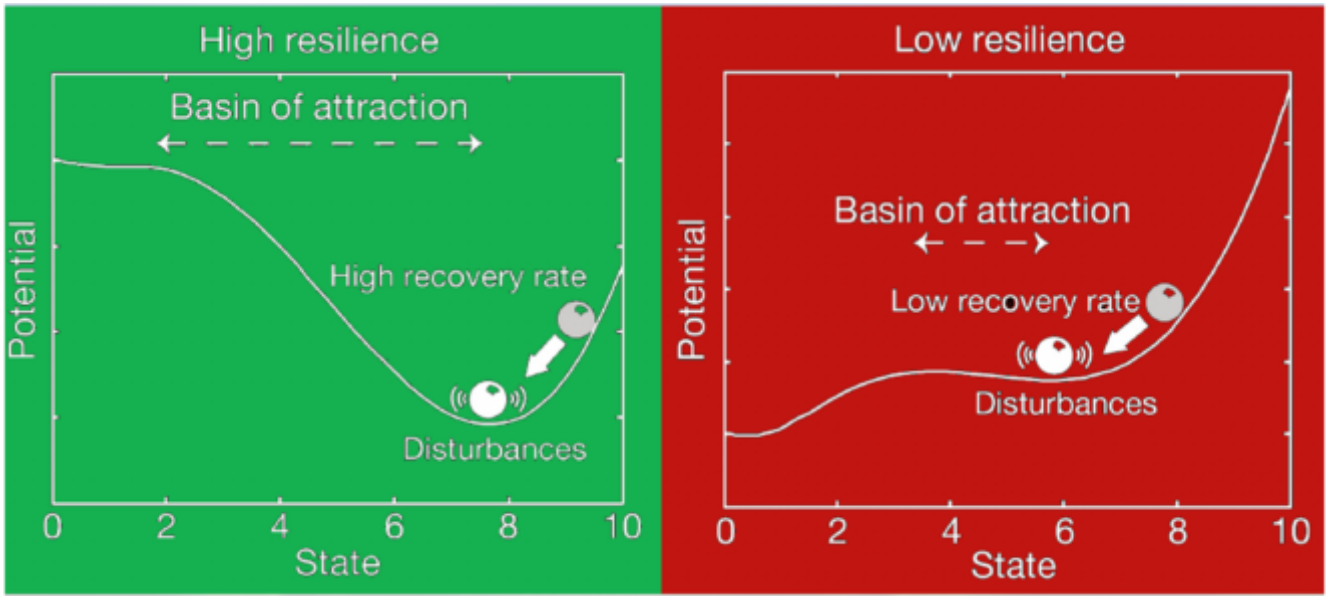


Capacità portante di un ecosistema o ricettività ambientale

Livello oltre il quale non è più possibile lo sfruttamento della risorsa

RESILIENZA: Tempo necessario all'ecosistema per tornare allo stato iniziale a seguito di una perturbazione

Lo stato del sistema: la stabilità



Scheffer et al., 2009 Stabilità decrescente ->

In funzione della prevalenza di una delle due componenti di stabilità (i.e. resistenza e resilienza) in un ecosistema, possiamo definire la fragilità e robustezza dello stesso ecosistema.

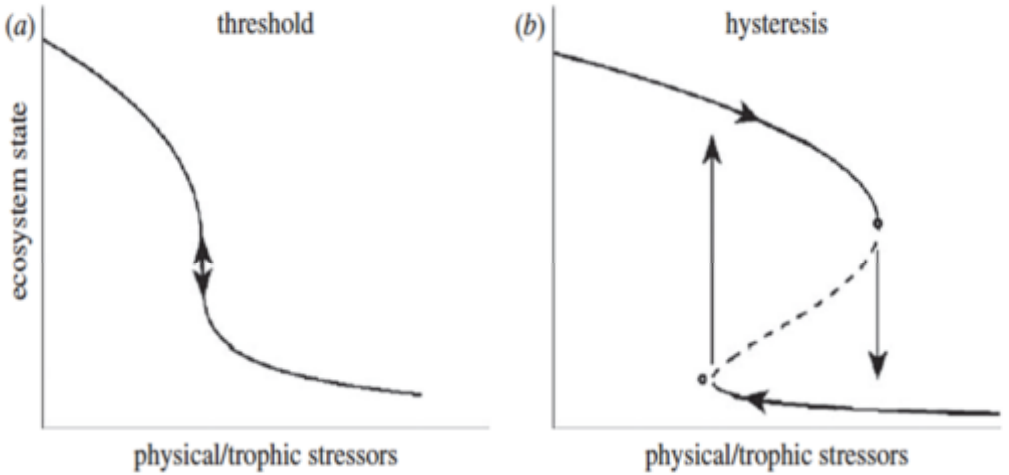
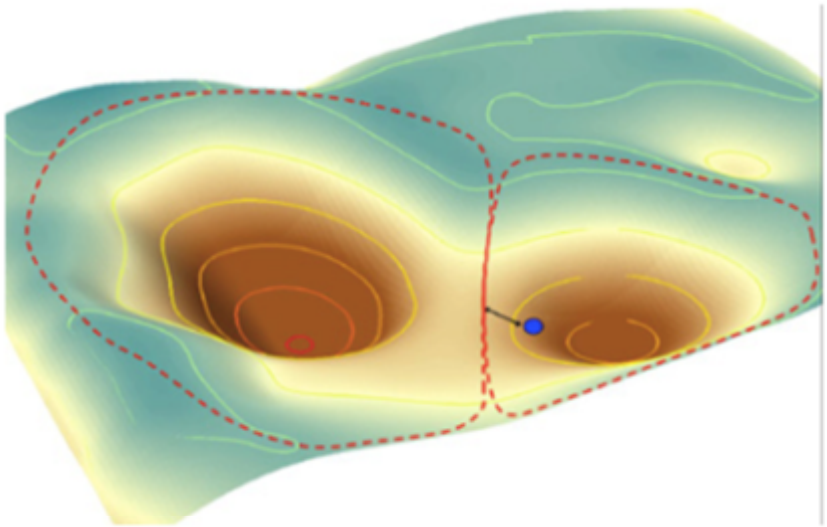
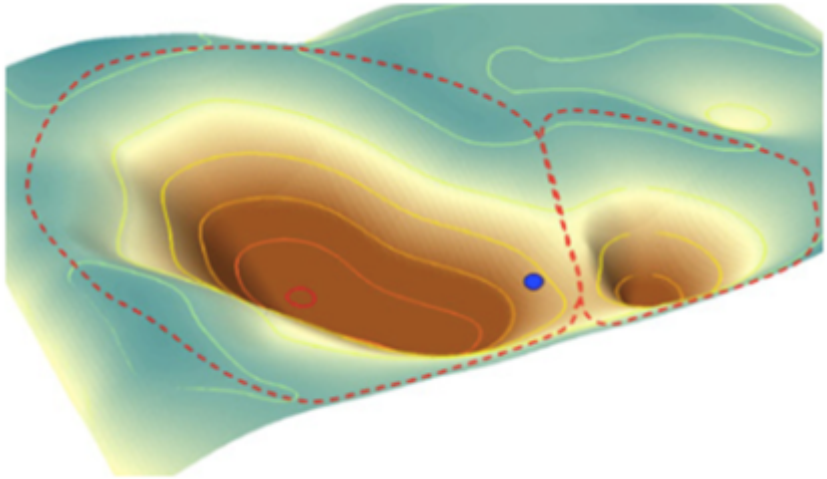


Figure 1. Examples of regime shift. Two different responses are shown, one without (*a*), and the other with hysteresis (*b*), both of which are encompassed by our working definition of regime shifts (adapted from [5]).

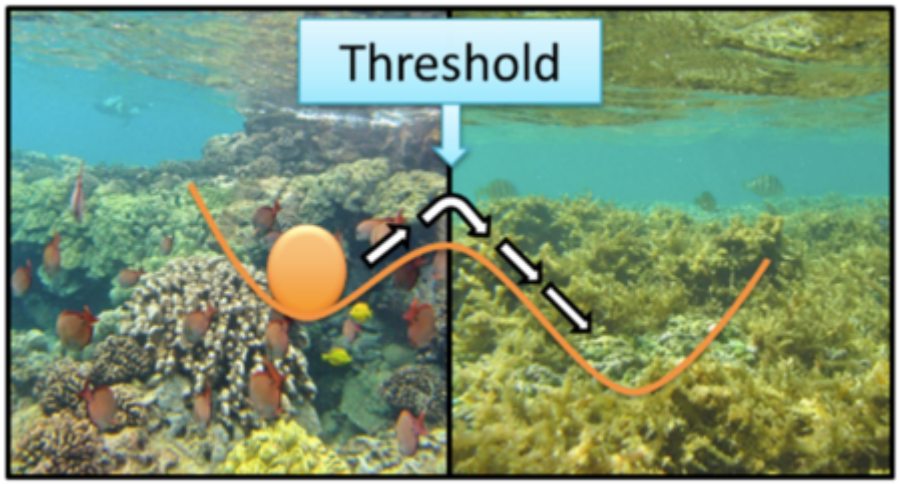
I cambiamenti di regime, o di
fase (regime shift o phase shift),
no delle modifiche sostanziali e
relativamente repentine nello
stato del sistema che
coinvolgono, quindi, numerose
ariabili che lo caratterizzano. In
pratica si tratta di un passaggio
a uno stato ad un altro. Quando
l passaggio coinvolge il transito
oltre una soglia, si parla di
transizione critica.

Cambiamenti di regime





Variazioni nelle condizioni dell'ambiente possono portare a cambiamenti nel bacino d'attrazione, o modificare le soglie di transizione, rendendo il passaggio più probabile. Quando il potenziale di resilienza diminuisce, il sistema riuscirà a fatica a contrastare le perturbazioni e/o a recuperare, mentre il passaggio di stato sarà favorito.



Ridondanza

In ogni gruppo funzionale (organismi aventi simili esigenze trofiche) le specie sono ridondanti e sostituibili.

Solo **poche specie chiave sono fondamentali** per il resto del sistema

Se presenti tutti i gruppi funzionali, pur mancando alcune specie all'interno del gruppo, i processi dell'ecosistema non variano.

IPOTESI STABILITA' - DIVERSITA'

La stabilità delle funzioni è regolata dalla biodiversità per compensazione di abbondanza di specie con diverse capacità adattative e coesistenti.

Il sistema è tanto più stabile quante più specie sono presenti in grado di svolgere funzioni diverse.

IPOTESI DELLA RISPOSTA IDIOSINCRATICA

Il funzionamento è alterato dalla perdita di specie, ma la direzione/grandezza delle risposte alle perdite è imprevedibile.

IPOTESI DEI RIVETTI

Le specie sono come i rivetti che tengono unita la struttura di un aeroplano, la loro rimozione sopra un valore soglia determina il cedimento.

Solo per valori di diversità elevata è ammessa ridondanza (ovvero è ammessa l'ipotesi che alcune specie possano essere non necessarie).

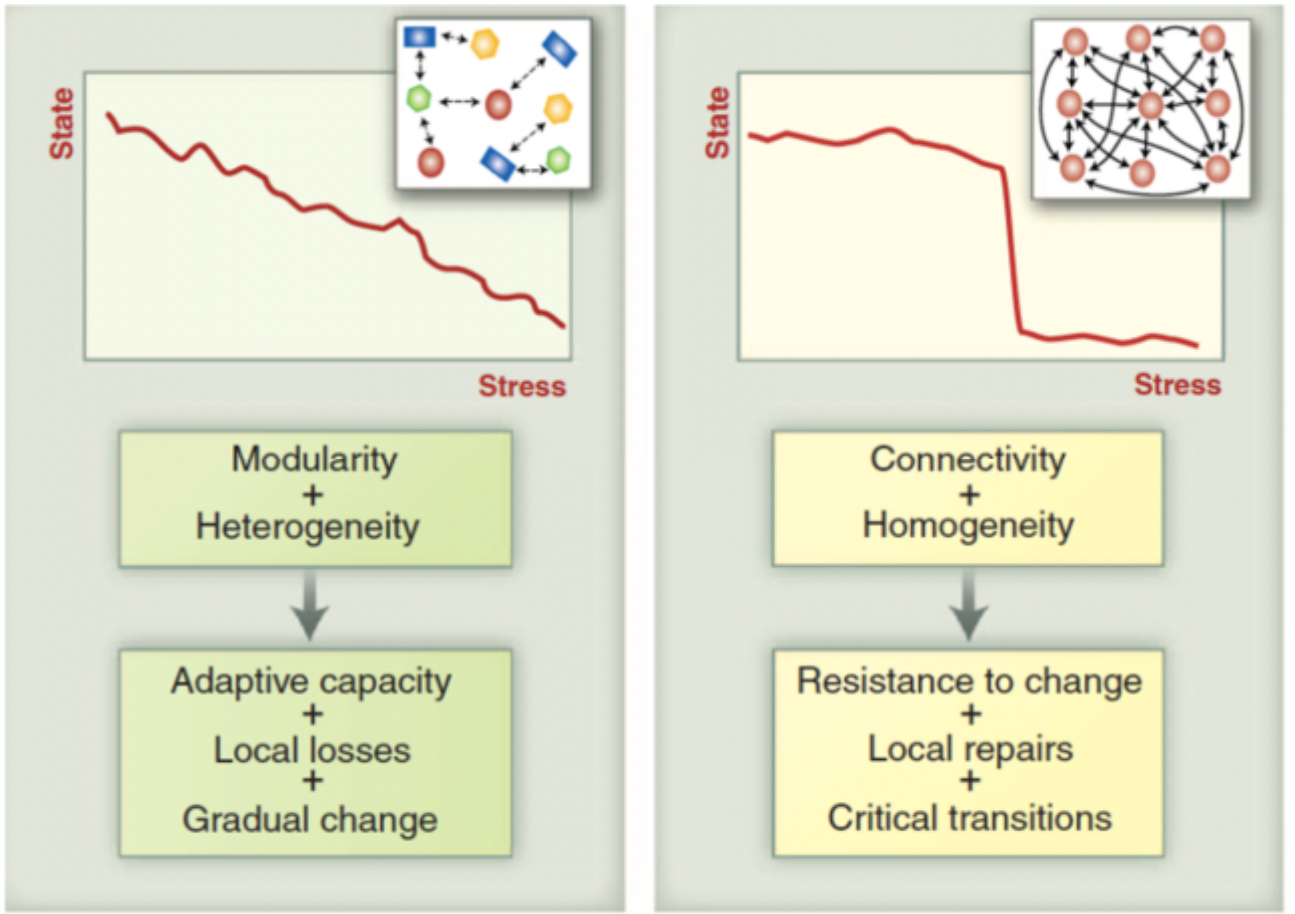
È necessario conoscere il livello di diversità necessario per mantenere stabile il funzionamento dell'ecosistema. La funzionalità degli ecosistemi dipende dalla ridondanza di specie e dalla presenza di alcune specie chiave.

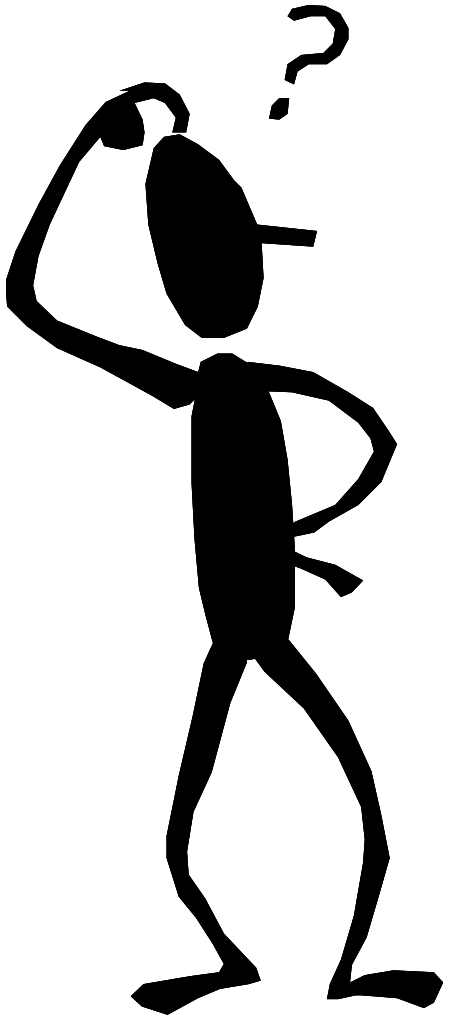
FRAGILITA'

L'omogeneità interna del sistema e il grado di relazione tra le componenti determina il suo comportamento nei confronti delle perturbazioni.

Sistemi in cui le componenti sono eterogenee e strutturate in compartimenti tendono ad adattarsi al gradualmente al cambiamento.

Al contrario, sistemi omogenei con un alto grado di interconnessione tra le componenti sono in grado di fronteggiare rapidamente le perturbazioni entro certi limiti, oltre i quali collassano.





DOMANDE??