



I fenicotteri che raggiungono la Sardegna appartengono alla specie più grande e meno numerosa, quella dei *fenicotteri rosa*. L'insieme di tutti gli individui, anche oltre 3.000 (fino al secolo scorso stormi di oltre centomila uccelli), che raggiungono gli stagni di Sale Porcus, vicino a Oristano, formano una popolazione, che è distinta da altre popolazioni di fenicotteri, che si stabiliscono in altre regioni europee, per esempio: le paludi della Camargue alle foci del Rodano preso Marsiglia, le paludi di Donana alle foci del Guadalquivir che attraversa Cordova e Siviglia e si getta nell'Atlantico, e l'estuario del Tago che bagna Toledo e Lisbona e si getta nell'Atlantico, ma questi uccelli si fermano anche nei laghi costieri laziali.

LA STRUTTURA DELL'ECOSISTEMA STAGNO.

Ogni ecosistema presenta delle caratteristiche chimico-fisiche, che favoriscono o limitano lo sviluppo di un certo tipo di organismi: ecco perché esse vengono definite **FATTORI LIMITANTI** (vengono anche detti **FATTORI ABIOTICI**)

Cominciamo perciò con l'analizzare *la componente fisico-chimica di un acquitrino*, sottolineando che la cosa migliore per studiare un ambiente è la *ricerca sul campo* supportata poi da *analisi di laboratorio* e da *indagini di tipo statistico*.

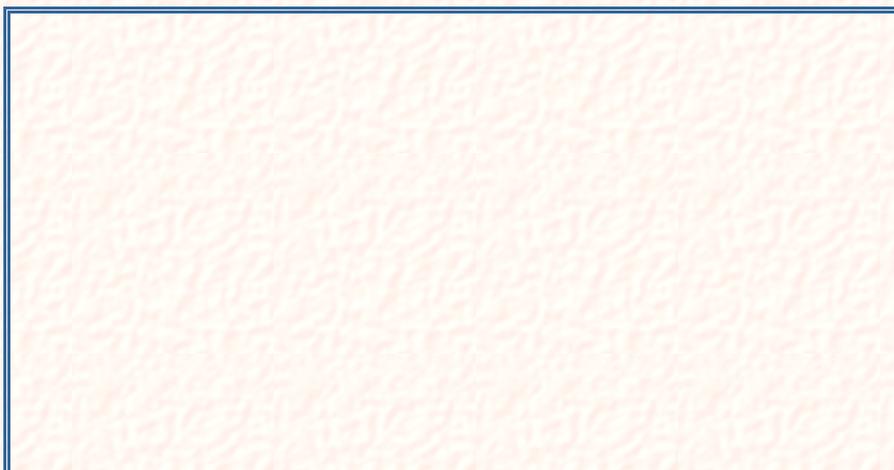
1. L'**aria** è molto umida perché a contatto con l'acqua attraverso un'ampia superficie.
2. L'**acqua** è di solito poco profonda, soggetta a scarso moto ondoso e molto ricca di sali, anidride carbonica e ossigeno (quest'ultimo però solo in superficie).
3. Il **terreno** delle sponde è intriso di acqua perché viene sommerso a seconda delle stagioni. I fondali sono invece ricoperti da una melma finissima (sabbia, limo e argilla), ricca di sostanze organiche in disfacimento.
4. La **luce** attraversa facilmente lo spessore di acque più basse, fino a riscaldare il fondale fangoso. Però verso il centro dello stagno la luce penetra fino ad un certo limite, e non illumina le acque profonde che restano fredde e buie.
4. La **temperatura** tende ad essere più alta di quella del mare o dei corsi d'acqua.

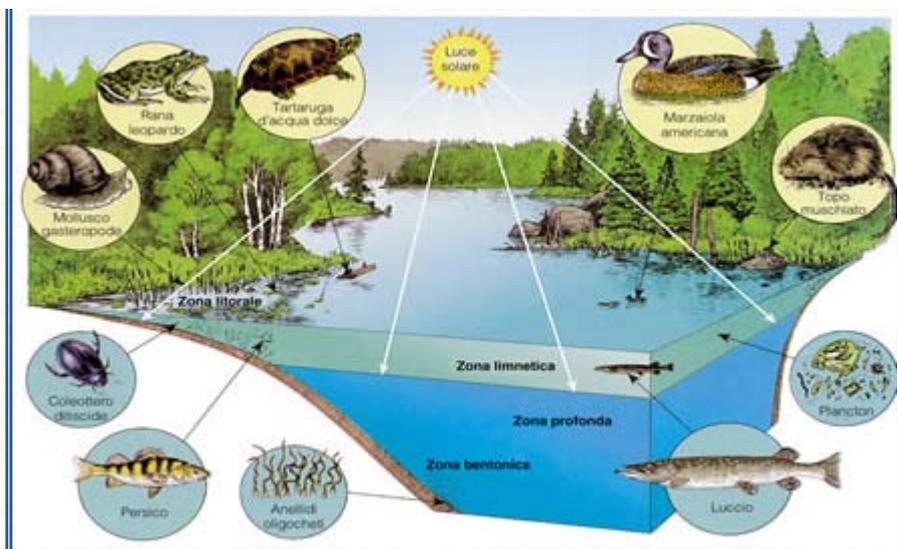
L'effetto visibile dei fattori limitanti è che ogni ecosistema presenta **UN'ORGANIZZAZIONE A STRATI O ZONIZZAZIONE**. Per esempio *in ogni acquitrino si distinguono quattro zone*:

1. La **zona litorale** : è quell'anello che comprende le sponde e le acque più basse.
2. La **zona delle acque aperte o limnetica** : è compresa dentro l'anello suddetto, ed è formata dallo strato superficiale di acqua attraversato dalla luce.
3. La **zona profonda** : sta sotto alla precedente e non riceve la luce.
4. La **zona dei fondali o bentonica** : ricca di detriti organici.

GLI ABITANTI DI UN ECOSISTEMA.

Ognuna delle quattro zone considerate costituisce perciò un **habitat** diverso e permette la sopravvivenza di caratteristici abitatori:





- La **zona litorale** è la più densamente popolata (in particolare da organismi autotrofi ed eterotrofi, che vivono sempre ancorati al fondo o hanno mobilità molto ridotta: il bentos):

- gli insetti sono adattati all'ambiente acquatico: l'idrometra, che sembra pattinare sull'acqua, il ditisco e la notonetta, che sono abili nuotatori, le larve di libellula e di zanzara, che hanno bisogno d'acqua per svilupparsi.
- Le alghe azzurre formano, sui ciottoli e nelle acque stagnanti, dei viscidii ammassi verdi, in mezzo ai quali vive un gran numero di microscopici protozoi.
- Le piante rivierasche più abbondanti sono provviste di radici semisommerse, ma hanno la maggior parte del fusto fuor d'acqua: tife e scirpi. Qui si aggirano rane, bisce, aironi, anatre, topi, lontre.
- Le ninfee crescono un po' più lontano dalla riva, le loro foglie galleggiano sull'acqua proiettando ombra sul fondale al quale sono fissate le radici. Analogamente, le lenticchie d'acqua formano coltri vegetali galleggianti. Qui si incontrano le bisce d'acqua, gli svassi, i fenicotteri.
- Ci sono poi le piante che vivono interamente o parzialmente nell'acqua: l'elodea, il miriofillo, la vallisneria e la sagittaria. Esse danno asilo a numerosi vermi e molluschi come la planaria e la limnea.
- Anche i piccoli pesci sono più abbondanti in prossimità delle rive.

- Nella **zona delle acque aperte** conviene distinguere gli esseri viventi dalle dimensioni.

- Ovunque sono abbondanti le microscopiche diatomee, piccolissime larve di vario tipo e piccolissimi crostacei come il ciclops e la dafnia. Nel loro insieme costituiscono il **plancton**.
- Tra gli abitanti di maggiori dimensioni ci sono: alghe galleggianti, e i pesci, sia le specie che si nutrono di piante e plancton che quelle predatrici. I pesci, come anche tutti gli organismi capaci di spostarsi in maniera autonoma per mezzo del nuoto formano il necton.

- Nelle **acque profonde**, dove non arriva la luce, piante e diatomee sono assenti. Qui si aggirano i grandi pesci predatori.

- Sul **fango del fondale**, ricco di detriti organici in decomposizione, si sviluppano colonie di batteri, funghi microscopici, insieme a miriadi di larve e di piccoli crostacei come il gammarus.

Quindi la **STRUTTURA DELL'ECOSISTEMA STAGNO** si basa su queste caratteristiche:

- Fattori biotici e abiotici, ovvero, le sostanze organiche ed inorganiche necessarie per la vita dei vari

organismi: acqua, ossigeno, anidride carbonica, fosfati, aminoacidi, ecc. Si trovano sul fondo, dove si deposita la **biomassa** morta, ma anche in soluzione o in sospensione come materiale particolato.

- Produttori primari, che in uno stagno sono gli autotrofi più importanti e di solito sono rappresentati da microscopiche piante flottanti, per lo più alghe, che costituiscono il cosiddetto **fitoplancton** (la parola plancton indica tutti gli organismi che flottano nell'acqua). In genere esso non è visibile, a meno che non sia molto abbondante per, ad esempio, fenomeni di inquinamento (**eutrofizzazione**). In questo caso l'acqua assume un colore verdastro. Nonostante la sua invisibilità, il fitoplancton produce più ossigeno che non le piante macroscopiche (fanerogame radicate al fondo o alghe galleggianti) le quali hanno una certa importanza solo in acque poco profonde.



esempio di ecosistema acquatico ricco di forme di vita vegetali e animali

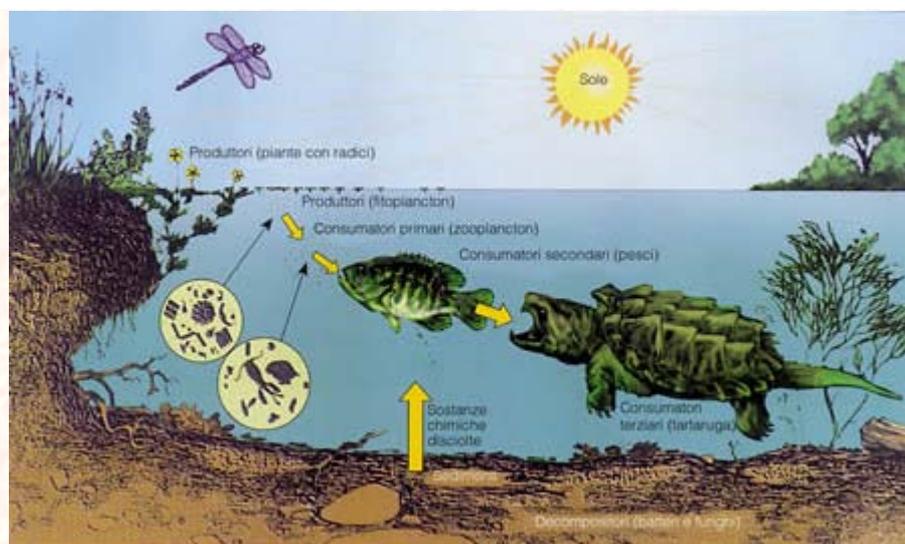


ecosistema stagno: interazione tra i fattori abiotici e biotici

- Decompositori, sono presenti soprattutto nel fango del fondo, dove si accumula materia organica morta, ma sono presenti anche nella colonna d'acqua che è ricca di particolato. Si tratta di batteri, funghi e flagellati, che sono in grado di liberare le sostanze nutritive contenute negli organismi morti, in maniera che siano riciclate e riutilizzate.
- Consumatori, come gli erbivori o consumatori primari che si nutrono di piante o parti di piante; tra di essi essenziale è lo zooplancton erbivoro presente nella colonna d'acqua, ma ci possono essere anche pesci erbivori come la carpa. Altri consumatori, come insetti o pesci predatori o zooplancton carnivoro, si cibano di consumatori primari divenendo così consumatori secondari (carnivori). La catena continua con pesci carnivori che mangiano carnivori (consumatori terziari) e così via. Molto importanti anche i detritivori presenti soprattutto nel benthos (termine che indica la fauna presente sul fondo). La loro attività di sminuzzamento rende più facile l'attività dei decompositori.

L'immagine illustra graficamente la struttura dello stagno come ecosistema. È da notare che al di sotto di una certa quota l'intensità luminosa è assai bassa e la fotosintesi non può avvenire. Perciò il

fitoplancton, principale produttore primario, si concentra soprattutto vicino alla superficie. Misurando l'ossigeno disciolto ci si accorge che lo strato più alto di uno stagno è ossigenato, mentre non lo è lo strato più profondo. Esiste un livello dove la produzione di ossigeno, dovuta alla fotosintesi, uguaglia il consumo di ossigeno, dovuto alla respirazione. Tale livello divide convenzionalmente la zona cosiddetta autotrofa, perché ospita principalmente produttori primari, da quella detta eterotrofa.





ECOLOGIA



L'introduzione nella biologia della teoria dell' **evoluzione** per selezione naturale, elaborata da Charles Darwin nella seconda metà dell'Ottocento, ha rivoluzionato il modo di studiare la vita non più basato solo sulla descrizione del singolo individuo ma piuttosto su questi due punti base:

- Tra gli esseri viventi ci sono molte più relazioni di quanto non sembri a prima vista.
- I principi fondamentali su cui si basa la vita (alimentazione - respirazione - escrezione - riproduzione - comunicazione - omeostasi) valgono sia per gli esseri unicellulari che per quelli pluricellulari.

Come conseguenza della prima constatazione, è stata dedicata più attenzione all'ambiente, alle popolazioni e alle comunità. Da questa attenzione è nata l'ecologia.

Come conseguenza della seconda, i biologi hanno messo in evidenza che in ogni ambiente tutti i viventi hanno esigenze simili. Ossia tutti i viventi hanno bisogno di energia, e per ricavarla compiono continue trasformazioni chimiche sulle sostanze che introducono nell'organismo.



Quindi l'ecologia è intesa come lo studio degli organismi viventi, in rapporto al loro ambiente. E' una scienza dai vasti orizzonti che comprende lo studio dei comportamenti animali, la geologia, la geografia, la biologia ecc.

Nelle pagine seguenti considereremo solo alcuni aspetti dell'ecologia, e lo faremo prendendo in esame alcune parole chiave dell'ecologia. Ovviamente potrai esplorare le parole secondo l'ordine presentato, partendo da sinistra, oppure come meglio desideri.

Se ti interessa anche avere informazioni sulla teoria dell'evoluzione, fai clic sulla parola "evoluzione".

MAPPA

ECOLOGIA

LIVELLI DI ORGANIZZAZIONE

BIOSFERA

AMBIENTE

ECOSISTEMA

CARATTERISTICHE ECOSISTEMA

STRUTTURA ECOSISTEMA

CICLO BIOLOGICO

CICLI BIOGEOCHIMICI

FLUSSO DI ENERGIA

REGOLAZIONE ECOSISTEMA

SUCCESSIONE ECOLOGICA

CATENE ALIMENTARI

RETI ALIMENTARI

PIRAMIDI ALIMENTARI

POPOLAZIONE

CRESCITA POPOLAZIONE

FATTORI LIMITANTI

COMUNITA'

BIOTOPO

BIODIVERSITA'

SVILUPPO SOSTENIBILE

AGROECOSISTEMA

RISORSE

Successivamente prenderemo in esame, peraltro in modo sintetico, gli ambienti naturali in Italia o **BIOMI**, che possono essere classificati in 10 classi:

Habitat costieri

Habitat di Acqua Dolce

Macchie e Boscaglie Sclerofille

Torbiere alte, torbiere basse e Paludi basse

Foreste

Dune Marittime e Continentali

Lande e Arbusteti Temperate

Formazione erbose naturali e semi naturali

Habitat rocciosi e grotte

Mari e Oceani

GLOSSARIO

Altre parole chiave fondamentali da conoscere sono le seguenti:

AUTOCTONO: si riferisce ad una specie originaria dell'area dove attualmente vive.

ALLOCTONO: si riferisce ad una specie che in seguito a diffusione ha occupato aree diverse da quella di origine.

AREALE: rappresenta l'area occupata dall'insieme delle popolazioni di una data specie.

BENTON o **BENTOS**: organismi autotrofi ed eterotrofi, sempre ancorati al fondo.

BIOLOGIA DELLA CONSERVAZIONE: recente disciplina delle Scienze Naturali, nata in risposta alle recenti crisi ambientali, per individuare la ricchezza e la complessità delle forme di vita del Pianeta, individuare le cause di riduzione e identificare i processi di conservazione.

BIOMA: Vasta area geografica con clima quasi uniforme e che quindi possiede analoghe forme di vita in ogni sua parte.

BIOMASSA: Quantità totale di sostanza vivente, animale o vegetale, presente in ciascun livello trofico di un ecosistema in un determinato momento; essa è esprimibile come peso secco che si ottiene escludendo il peso dell'acqua in essa contenuta.

CATENA ALIMENTARE: Catena di eventi che collega tra loro diversi organismi in rapporto alla loro alimentazione.

CLIMAX: forma di comunità che è la risultante di un processo di successione, quando un ecosistema può svilupparsi naturalmente e liberamente.

COEVOLUZIONE: evoluzione di due o più specie dovuta a mutua influenza, per esempio molte specie di Angiosperme e di insetti impollinatori si sono evoluti di pari passo in modo tale che la loro collaborazione divenisse sempre più efficace

COMPETIZIONE: lotta tra organismi viventi per conquistare lo spazio vitale, il cibo, la luce ed altro quando tali fattori sono disponibili in quantità limitate.

COMUNITA' (BIOCENOSI): insieme di organismi animali e vegetali di differenti specie che coabitano in un determinato ambiente.

ECOREGIONE: costituisce un'unità geografica, terrestre e/o marina, sufficientemente estesa che contiene un'insieme distinto di comunità naturali e condivide la maggior parte delle specie, delle dinamiche e delle condizioni ecologiche

ECOSISTEMA: insieme di specie vegetali e animali che hanno relazioni tra loro e con l'ambiente circostante.

ECOTONO: zona di transizione tra un ecosistema e l'altro.

ENDEMISMO: specie animale o vegetale che è presente e caratteristica di una specifica area geografica. Assume un elevato valore biologico perché è spesso localizzata.

FITNESS EVOLUTIVA: indica il successo di un organismo nel trasmettere i suoi geni alla generazione successiva, in rapporto agli altri membri della popolazione in quel particolare ambiente e in quel particolare momento del corso del tempo.

HABITAT: parte dell'ambiente naturale nel quale vivono piante e animali.

HUMUS - E' l'ultima fase di decomposizione del materiale vegetale. La percentuale di materiale di origine animale è minima ma comunque presente, e rappresenta circa un decimo del materiale organico totale.

Le foglie delle piante spoglianti, per esempio, dopo che l'albero o l'arbusto hanno riassorbito tutte le sostanze utili dai loro tessuti, cadono in autunno gialle, rosse o marroni sul terreno, e iniziano a deteriorarsi, a decomporsi a causa dell'azione dell'ossigeno e degli organismi bioriduttori. Si instaura così una complessa rete di utilizzazione dei detriti che porta infine alla formazione dell'humus, che poi la pianta stessa riassorbirà dalle radici.

Quindi i "rifiuti" che si depositano sul terreno vengono in seguito riutilizzati dai vegetali per crescere, fiorire e riprodursi e fornire cibo agli animali.

L'humus inoltre trattiene l'acqua nel suolo a vantaggio delle radici, contiene sostanze nutritive per i vegetali facilmente assorbibili dalle radici e regola l'acidità del terreno.

LIVELLO TROFICO: In base alla modalità di procacciamento del nutrimento, ciascuna specie occupa una "posizione alimentare"

MIMETISMO: Fenomeno per il quale un animale presenta colori e forme che lo fanno confondere con l'ambiente in cui vive, oppure con un'altra specie diversa.

NICCHIA: Il ruolo di una specie nella natura: che cosa mangia, dove vive ecc.

POPOLAZIONE: gruppo di individui della stessa specie che vivono e si riproducono in un ambiente.

PORTATA: è il volume (in m^3) di acqua che transita in un secondo attraverso una sezione di un corso d'acqua; o, equivalentemente, il prodotto dell'area (in m^2) della sezione per la velocità (in m/s) dell'acqua.

PREDAZIONE: evento attraverso il quale un organismo ne uccide un altro per nutrirsi

RELITTO: si riferisce a quelle specie che vivono in un "rifugio ecologico", cioè un habitat che conserva caratteristiche idonee al mantenimento di porzioni rilevanti della comunità biotica originaria, che un tempo aveva un areale di distribuzione molto più ampio e la causa di questa riduzione dell'areale è di solito connessa con i grandi mutamenti del clima.

RISORGIVA: particolare tipo di sorgente tipica nella Pianura Padana, ma presente in tutte le pianure alluvionali. Ai margini della pianura infatti abbondano sedimenti grossolani molto permeabili attraverso i quali l'acqua percola andando ad alimentare la falda acquifera sotterranea. Procedendo verso il centro però essa incontra via via sedimenti sempre più fini e poco permeabili, che le sbarrano il cammino in profondità costringendola a emergere in sorgenti e fontanili.

RIVOLUZIONE VERDE: Il termine rivoluzione verde è stato coniato per un approccio innovativo ai temi della produzione agricola che, attraverso l'accoppiamento di varietà vegetali geneticamente selezionate a sufficienti dosi di fertilizzanti, acqua ed altri prodotti agrochimici, ha consentito un incremento significativo delle produzioni agricole in gran parte del mondo. L'inizio della rivoluzione verde si fa comunemente risalire al 1944, quando la [Rockefeller Foundation](#) fondò un istituto per aumentare il prodotto agricolo delle fattorie messicane. Ciò produsse risultati sorprendenti: il Messico passò dal dover importare metà del suo frumento all'autosufficienza nel 1956, fino all'esportazione di mezzo milione di tonnellate di frumento nel 1964. In realtà, questo approccio al miglioramento genetico fu inizialmente messo in atto da parte di un ricercatore italiano, [Nazareno Strampelli](#), nei primi anni del Novecento. Le sue varietà ibride di frumento furono uno degli elementi decisivi che consentirono di vincere la cosiddetta Battaglia del grano lanciata in quegli anni da Benito Mussolini. La storiografia ufficiale dà comunque il merito della trasformazione agricola ad un allora giovane genetista americano, [Norman Borlaug](#), che incrociando frumenti bassi e frumenti altamente produttivi, ma alti, ottenne frumenti di taglia contenuta capaci di grandi produzioni. Altro obiettivo del lavoro del Dr. Borlaug fu quello di creare varietà di grano in grado di adattarsi o comunque di produrre di più, in condizioni climatiche avverse. Per il suo lavoro e l'impegno nella lotta alla fame nel 1970 gli fu assegnato il premio Nobel per la pace. Dopo le sperimentazioni degli anni quaranta, le tecnologie furono esportate all'estero, trovando applicazione in tutto il mondo. Il successo nei rendimenti crescenti fu indiscutibile. La crescita dei rendimenti era tale da consentire all'agricoltura di tener testa alla crescita della popolazione, scongiurando le fosche previsioni di [Malthus](#). La produzione pro capite aumentò ogni anno dopo il 1950. Tuttavia, in questi ultimi anni, sembra che questa crescita si sia arrestata, o, comunque, sia rallentata di molto. L'uso dell'ingegneria genetica in agricoltura con la creazione di piante geneticamente modificate (OGM) che possiedano specifiche caratteristiche agronomiche è vista da alcuni come la continuazione naturale del progresso genetico ottenuto dalla rivoluzione verde.

SPECIE: insieme di organismi simili in grado di riprodursi originando figli a loro volta capaci di riprodursi.

SPECIAZIONE: l'intera sequenza di eventi che conduce al frazionamento di una popolazione in due o più popolazioni tra loro riproduttivamente isolate (per es.: l'origine dei fringuelli e delle iguane delle Galapagos).

SUCCESSIONE: la sequenza secondo la quale diversi gruppi di animali e piante colonizzano una data area.

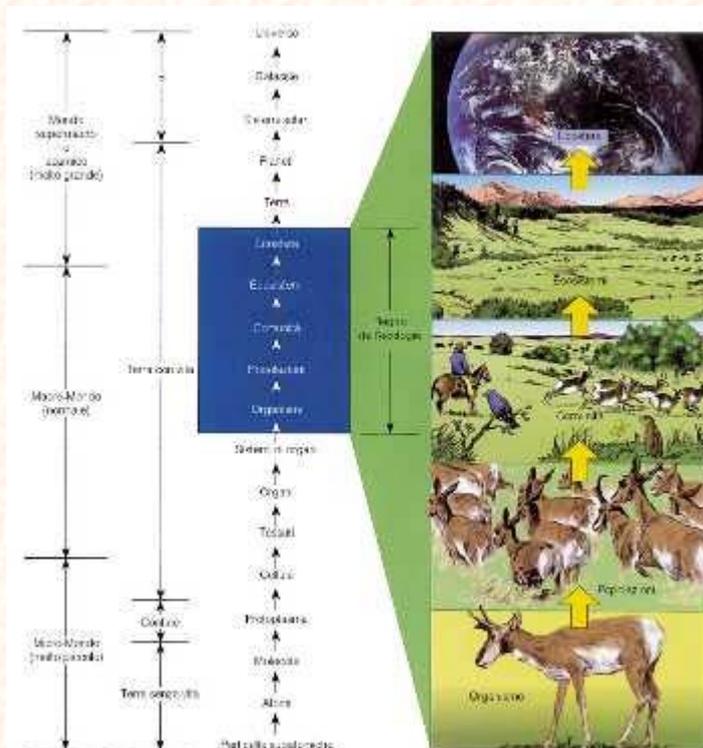
TAXA: i grandi gruppi secondo cui vengono classificati gli esseri viventi.



Il termine ecologia nasce per la prima volta nel 1866 da Ernst H. Haeckel:

“L'ecologia è lo studio dell'economia natura e delle relazioni degli animali con l'ambiente inorganico e organico, soprattutto dei rapporti favorevoli e sfavorevoli, diretti o indiretti con le piante e con gli animali; in una parola, tutta quell' intricata serie di rapporti ai quali Darwin si è riferito parlando di condizioni della lotta per l' esistenza.”

La radice comune con il più antico termine economia è *oikos*, dal greco: “casa” o “posto in cui vivere”. Se l'economia indicava le regole che caratterizzano gli scambi di beni materiali e il funzionamento di una



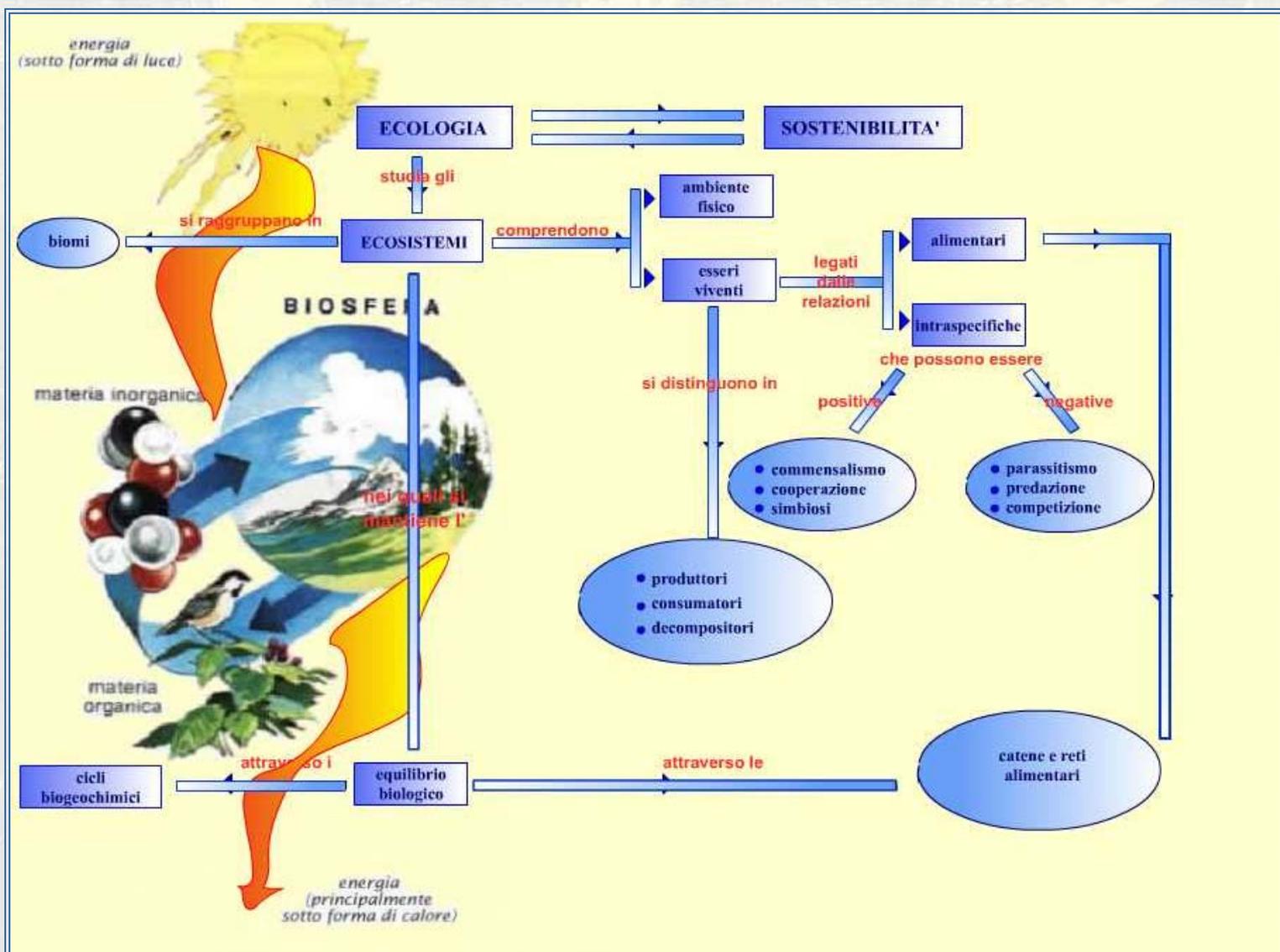
G. Tyler Miller Jr.

comunità
umana,
l'ecologia
avrebbe
dovuto
descrivere
l'ambiente in
cui vivono gli
esseri viventi e
gli scambi di
materiali e di
energia che
hanno luogo
nell'ambiente
naturale.

Quindi per
Haeckel era lo
studio dell'

**ECONOMIA
DELLA
NATURA.**





MAPPA



LIVELLI DI ORGANIZZAZIONE



Gli organismi sono dei sistemi aperti: scambiano con l'esterno materia ed energia. L'esterno condiziona continuamente tutte le loro attività

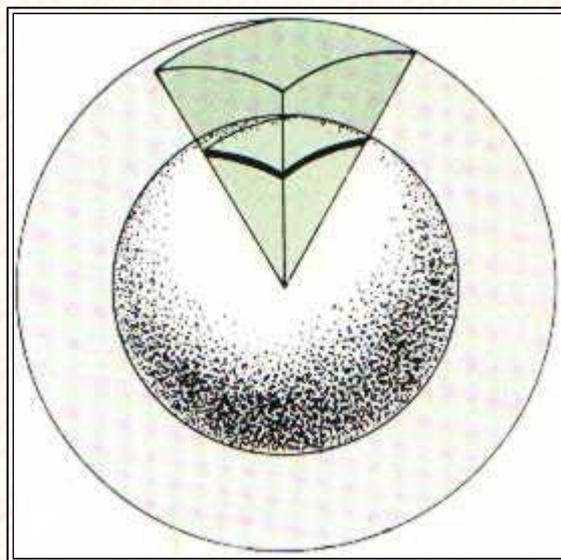
Nel corso dell'evoluzione, il passaggio dagli organismi unicellulari a quelli pluricellulari ha determinato dei problemi di comunicazione con l'ambiente esterno. Mentre la singola **cellula** di un organismo unicellulare compie tutte le funzioni vitali in aree specializzate del citoplasma (gli organuli) le cellule più interne di uno pluricellulare, unite le une alle altre, non sono a diretto contatto con l'esterno per cui molte funzioni come la nutrizione o la respirazione non sono consentite. Il problema è stato superato con livelli superiori di organizzazione che hanno portato alla suddivisione dei compiti tra cellule che si specializzano per compiere una specifica funzione. Le cellule si organizzano in:

- tessuti, cellule tutte uguali che svolgono una stessa funzione per la quale sono specifiche (t. epiteliale, t. connettivo, t. nervoso, ecc),
- organi, insieme di tessuti diversi uniti a svolgere un'unica funzione (stomaco, cuore, polmone, ecc),
- apparati, insieme di organi diversi che collaborano a svolgere un'unica funzione (ap. circolatorio, ap. escretore, ap. respiratorio, ecc,
- organismo, insieme di tutti i diversi apparati che funzionano in maniera coordinata per formare l'essere vivente.





BIOSFERA



Tutti gli esseri viventi, che si trovano sulla faccia della Terra e nelle profondità dei mari, costituiscono nel loro insieme la Biosfera. La Biosfera però non è uniforme, ma è suddivisa in diversi ambienti nei quali si svolgono particolari forme di vita.

Ogni ambiente naturale è costituito, oltre che dal suolo e dalle acque tipici di una certa regione, anche dall'insieme di tutti i vegetali e di tutti gli animali che vivono in quella regione. Gli ambienti più importanti sono: il mare, le paludi, i boschi, le steppe, i deserti, le foreste equatoriali e le savane (BIOMI).

I vari ambienti a livello mondiale non sono isolati tra loro, ma esiste anche tra loro una continua circolazione di materia e un continuo flusso di energia.

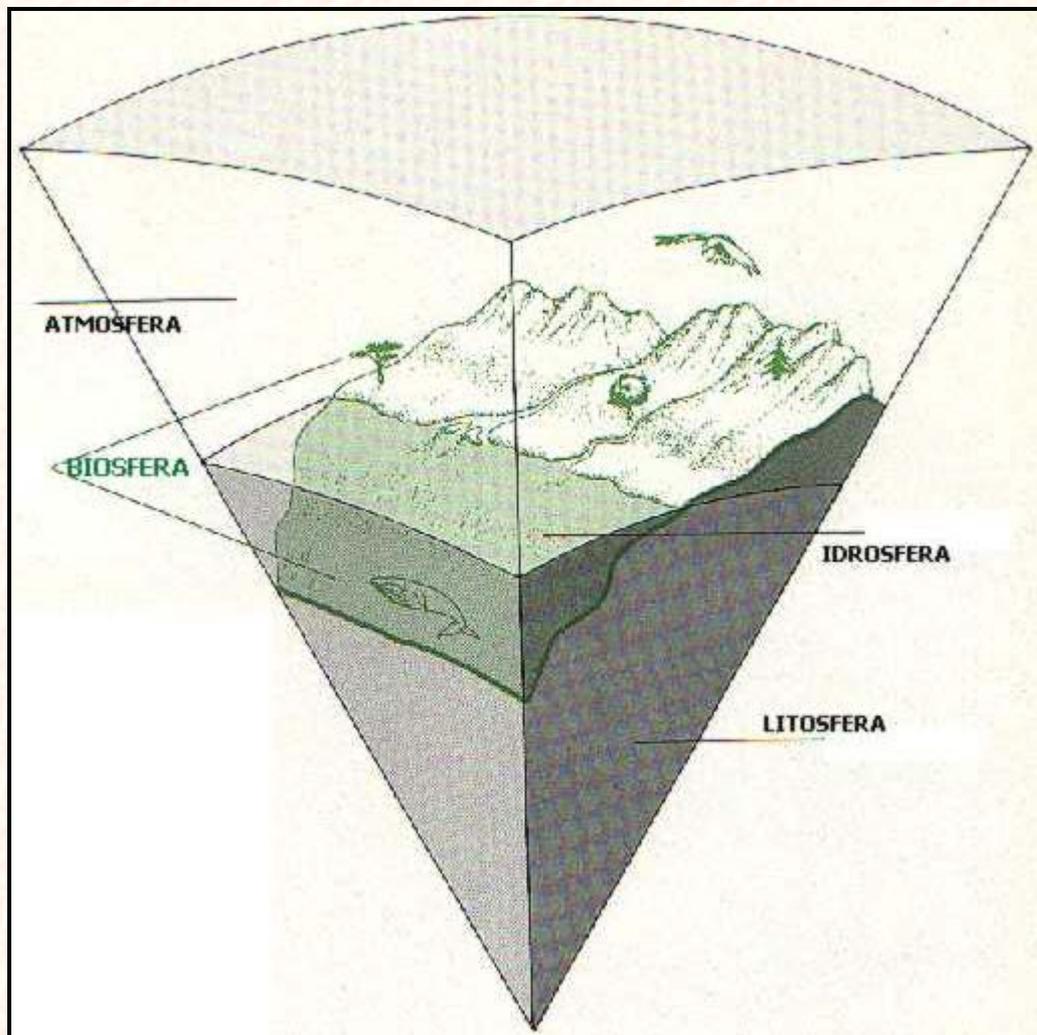
Il nostro pianeta può essere paragonato a una sfera composta di tanti strati concentrici, come una cipolla.

Lo strato più esterno, di aria, che avvolge tutta la terra, si chiama atmosfera.

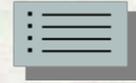
Per analogia con questa parola, l'insieme comprendente tutti gli esseri viventi è stata chiamata biosfera, cioè la sfera della vita.

Lo strato occupato dalla vita ha uno spessore variabile che corrisponde alla profondità dei mari; ai pochi metri di terreno nei quali penetrano le radici dei vegetali e le tane degli animali; e infine ai pochi metri al di sopra del suolo dove si sviluppano i rami degli alberi e nidificano gli uccelli.

Ben poca cosa rispetto allo spessore dell'atmosfera, che raggiunge i 1000 Km, e meno ancora rispetto al raggio terrestre che è circa 6.400 Km.







L'ambiente è un sistema complesso; cioè un insieme di parti coordinate tra loro per formare un complesso organico. In esso, ogni singolo organismo fa parte di un processo su grande scala che coinvolge il funzionamento di tutta la Terra.



Fiordo norvegese, [foto P. Ruggieri]

L'ambiente si basa su una serie di interazioni continue tra oceani, atmosfera, esseri viventi, molecole, elettroni, energia e materia dove ognuno è indispensabile perché svolge un ruolo ben definito ed è in relazione con gli altri.

La complessità biologica determina la vita e la stabilità.

La semplificazione porta al degrado e alla instabilità.

L'ambiente è inteso con un significato spaziale esteso non solo alle condizioni puramente fisiche ma anche al modo con cui l'uomo ha interagito con esso tramite le sue attività.

L'ambiente incide sulle dimensioni di una popolazione.

Possiamo considerare l'ambiente costituito da due parti: l'ambiente biotico, che comprende tutta la parte vivente, e l'ambiente abiotico che si riferisce a tutti i componenti fisici di uno spazio.

Un esempio di ambiente è lo stagno.





Norvegia, [foto *P.Ruggieri*]

Il termine ecosistema è stato proposto per la prima volta dall'ecologo inglese Tansley nel 1935, anche se il concetto d'ecosistema, come un tutt'uno di organismi e ambiente risale a tempi antichi. L'ecosistema è una parola composta da eco (dal greco ambiente), inteso come "posto per vivere" e da sistema inteso come "insieme di parti e unità separate ed interdipendenti" le cui attività sono collegate per il raggiungimento di un certo scopo.

L'ecosistema o sistema ecologico è dunque l'unità fondamentale dell'organizzazione ecologica, in altre parole è un'unità che considera l'interazione dei suoi componenti, autotrofi ed eterotrofi e quindi degli organismi di una data area della superficie terrestre con l'ambiente fisico circostante.

Esso è attraversato da un flusso di energia che proviene dal Sole e che, grazie all'azione degli organismi fotosintetici (autotrofi), porta ad una struttura trofica ben definita e da qui ad una diversità biotica e ad una ciclizzazione all'interno del sistema.

L'ecosistema rappresenta l'unità di base del funzionamento della natura

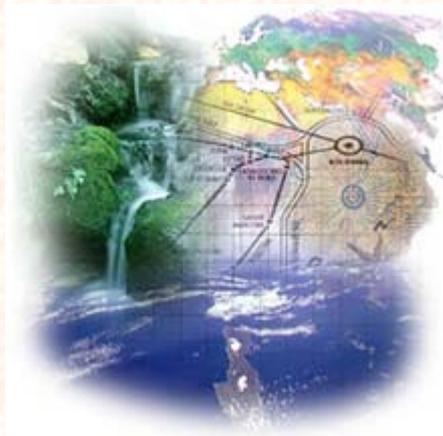




CARATTERISTICHE GENERALI DEGLI ECOSISTEMI



Un ecosistema è un complesso di organismi che interagiscono tra loro e con l'ambiente fisico attraverso un flusso di energia e un riciclaggio dei materiali. Ogni ecosistema può essere descritto attraverso una serie di caratteristiche che in parte rappresentano la componente non vivente (**FATTORI ABIOTICI**) e in parte la componente vivente (**FATTORI BIOTICI**) e che nel loro complesso vengono indicate come fattori ecologici.



I fattori biotici sono rappresentati da tutti gli organismi, i quali sono legati tra loro da un complesso sistema di rapporti essenzialmente di tipo alimentare e riproduttivo, e si condizionano reciprocamente.



I fattori abiotici vengono distinti in fattori di tipo fisico, fattori di tipo chimico e fattori di natura geologica.

Sono fattori di tipo fisico: la luce, la temperatura, la pressione dell'aria, la gravità.

I principali fattori di tipo chimico

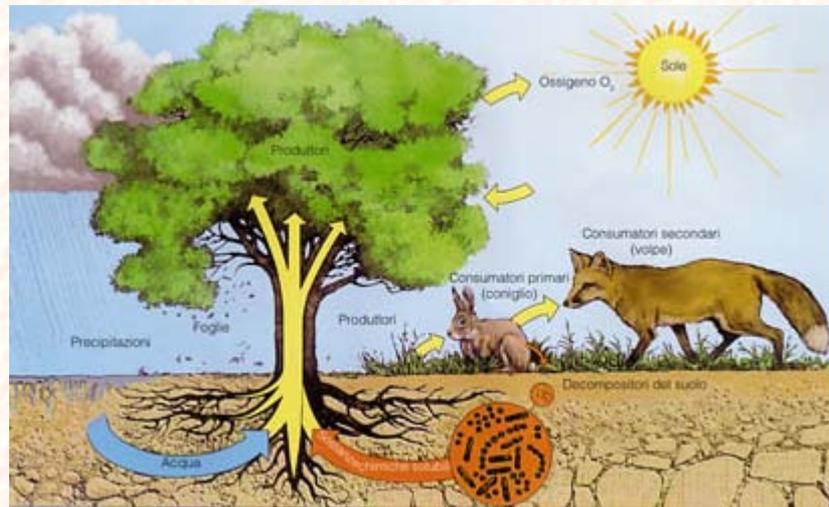
sono l'acqua, l'aria e le sostanze minerali.

I fattori di natura geologica sono rappresentati dal tipo di rocce e di suolo e dalla morfologia del territorio.





STRUTTURA DEGLI ECOSISTEMI



Nonostante la grande diversità degli ecosistemi esistenti sulla terra, ci sono tuttavia alcune caratteristiche basilari comuni a tutti.

La prima osservazione è che l'attività biologica degli organismi di una comunità richiede energia e che tale energia deve, in ultima analisi, provenire dall'esterno e dunque non può essere di origine biologica, perché per definizione tutte le interazioni biologiche sono all'interno dell'ecosistema.

La seconda osservazione è che ogni organismo necessita per vivere, crescere o riprodursi di elementi o composti chimici, chiamati nutrienti. Alcuni elementi come il carbonio, l'ossigeno, l'idrogeno, l'azoto e il fosforo sono necessari in grandi quantità; altri, invece, come il ferro, il rame, il cloro e lo iodio sono necessari in piccole quantità o tracce.





LE LEGGI DI CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA NEGLI ORGANISMI VIVENTI

Le trasformazioni chimiche ed energetiche che avvengono nelle cellule possono essere scritte sotto forma di uguaglianze matematiche. Di conseguenza le quantità che si trovano a sinistra della freccia, sono uguali a quelle che si trovano a destra, a trasformazione avvenuta. Tutto ciò rappresenta una conferma di una delle leggi fondamentali della natura e cioè la **Legge della conservazione della materia**: la materia né si crea né si distrugge ma si trasforma da una sostanza ad un'altra in cui non cambia il numero degli atomi ma solo la loro posizione reciproca, e queste trasformazioni vengono dette **reazioni chimiche**.

Le trasformazioni che avvengono in una cellula vegetale **durante la sintesi clorofilliana**, sono espresse dalle equazioni 1 e 2.

1- Per la trasformazione di materia	2 - Per l'immagazzinamento di energia
$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$	energia solare \longrightarrow energia chimica posseduta dall'insieme: sostanze organiche e O_2

Le trasformazioni che avvengono in una cellula muscolare **durante la respirazione**, sono uguali a quelle che avvengono nelle cellule vegetali prive di clorofilla, quando la pianta deve ricavare l'energia necessaria per far penetrare le radici nel terreno e per altre attività. Le trasformazioni dovute alla **respirazione** sono espresse dalle equazioni 3 e 4.

3 - Per la trasformazioni di materia	4 - Per la liberazione di energia
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	energia chimica posseduta dall'insieme: sostanze organiche e $\text{O}_2 \longrightarrow$ lavoro muscolare + attrito (energia termica)

Per saperne di più: le **reazioni di ossidoriduzione**

IL CICLO BIOLOGICO

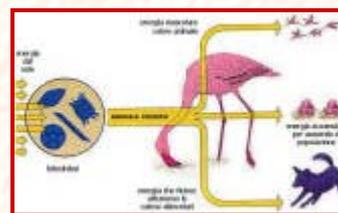
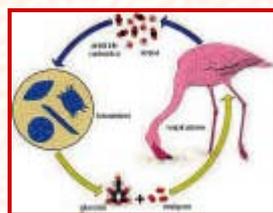
Le equazioni scritte forniscono l'interpretazione chimica ed energetica del rapporto che lega i vegetali e gli animali.

Le equazioni 1 e 3, riguardano rispettivamente la materia sintetizzata durante la fotosintesi, e quella demolita durante la respirazione. Esse sono esattamente l'una l'inverso dell'altra. Per questo motivo i vegetali e gli animali si compensano, e le loro attività complementari danno luogo ad un **ciclo** ininterrotto. Gli atomi di C, H, O che formano le diverse molecole, sono sempre gli stessi, anche se passano dall'ambiente ai vegetali, dai vegetali agli animali, dagli animali all'ambiente e così via. Ovviamente ai tre atomi indicati occorre aggiungerne degli altri: in primo luogo N e poi in tracce S, P, Cl, Ca e pochi altri.

Le equazioni 2 e 4, riguardano rispettivamente l'energia immagazzinata con la fotosintesi, e quella liberata con la respirazione. Esse non sono esattamente l'una l'inverso dell'altra. Il motivo è che nelle trasformazioni di energia una parte si trasforma sempre in attrito (energia termica), che è una forma di energia degradata non utilizzabile, che si disperde nell'ambiente.

Gli animali quindi non restituiscono ai vegetali l'energia sottratta. Di conseguenza, diversamente dalla materia i cui atomi circolano incessantemente, l'energia **fluisce** soltanto in una direzione: dal sole ai vegetali, e dai vegetali agli animali, ma mai viceversa.

Il ciclo della materia e il flusso dell'energia non sono però due fenomeni separati, ma è proprio la loro **interdipendenza** che rende possibili tutte le manifestazioni della vita. In conclusione:



1) L'energia solare non potrebbe essere catturata senza la fotosintesi che la immagazzina legando gli atomi nelle sostanze organiche.

2) A sua volta, il ciclo della materia che circola attraverso gli organismi non sarebbe possibile se a tenerlo in moto non ci fosse proprio il continuo flusso di energia solare che, attraverso lo spazio, investe la Terra.





I prodotti primari della fotosintesi sono soggetti a un gran numero di trasformazioni chimiche nelle cellule delle piante e successivamente nelle cellule degli animali che si nutrono di piante e/o di animali. Durante questi processi si hanno ovviamente dei cambiamenti di composizione atomica e nel contenuto energetico delle molecole organiche. Queste trasformazioni possono dar luogo a composti del carbonio che sono più "ridotti" o più "ossidati" dei carboidrati.

Le reazioni di ossidoriduzione fra questi composti sono alla base della produzione di energia biologica.

Un composto più ridotto rispetto a un altro possiede, per ogni atomo di carbonio, più atomi di idrogeno e meno di ossigeno, mentre un composto più ossidato ha meno atomi di idrogeno e più di ossigeno, per ogni atomo di carbonio.

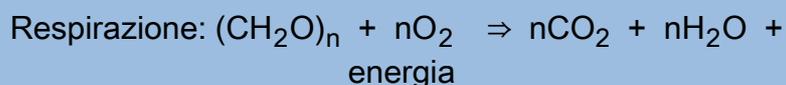
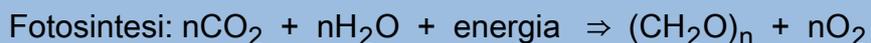
La combustione di un composto ridotto libera più energia della combustione di uno ossidato. Un esempio di una molecola più ridotta di quella di un carboidrato è l'alcool etilico (C_2H_5OH), mentre quello di una molecola più ossidata è l'acido piruvico ($C_3H_4O_3$). Nella fermentazione alcolica l'acido piruvico viene ridotto ad alcool etilico.

Nelle molecole organiche la differenza nelle quantità relative di atomi di idrogeno e di ossigeno è causata principalmente da una delle seguenti reazioni:

- sottrazione (deidrogenazione) o addizione (idrogenazione) di atomi di idrogeno,
- addizione di acqua (idratazione), seguita da deidrogenazione,
- addizione diretta di ossigeno (ossigenazione)

Il secondo e il terzo di questi processi introducono nella materia organica altri atomi di ossigeno provenienti dall'acqua o dall'ossigeno molecolare.

Nella decomposizione gli atomi di ossigeno delle molecole organiche si liberano sotto forma di anidride carbonica. Per questo motivo l'ossidazione biologica delle molecole di carboidrati può essere scritta esattamente al contrario della reazione complessiva di fotosintesi.



Nell'anidride carbonica compare l'atomo di ossigeno della molecola organica e l'ossigeno molecolare agisce da accettore degli atomi di idrogeno e degli elettroni.

Nelle ossidazioni biologiche l'O₂ ha la funzione di accettore di elettroni e/o di atomi di idrogeno.

L'ossidazione biologica inizia con una deidrogenazione: gli enzimi rimuovono atomi di idrogeno dal substrato ricco di energia e li trasferiscono in speciali molecole che funzionano da trasportatori di idrogeno. Se queste molecole trasportatrici di protoni (H⁺) si saturano di questo elemento, non può aver luogo nessun'altra ossidazione finché non si renda libero qualche altro accettore. Le molecole organiche nel processo anaerobico di fermentazione, funzionano quindi da accettori di idrogeno e di elettroni.

Pertanto la fermentazione (o glicolisi) consiste in una ossidazione di alcuni composti organici e in una contemporanea riduzione di altri, come avviene nella fermentazione del glucosio con il lievito: una parte della molecola viene ossidata ad anidride carbonica e il resto viene ridotto a etanolo con liberazione di una certa quantità di energia. L'etanolo a sua volta può essere fermentato da altri microrganismi con liberazione di energia e formazione di un altro metabolita e così via ... fino alla completa demolizione in CO₂ e H₂O.

Nella respirazione l'ossigeno ha la funzione di accettore di idrogeno con produzione finale di H₂O. Il trasporto degli atomi di idrogeno (cioè di elettroni e protoni) agli atomi di ossigeno è reso possibile da una serie di catalizzatori e cofattori. I più importanti cofattori sono vari tipi di citocromi, pigmenti respiratori che contengono ferro, e che si differenziano in base alla loro affinità per gli elettroni.

Questa affinità si può esprimere attraverso il potenziale di ossidoriduzione della molecola: quanto più è elevato il potenziale tanto maggiore è l'affinità della molecola ossidata per gli elettroni. Per esempio il potenziale di ossidoriduzione del citocromo *b* è 0,12 volt, quello del citocromo *c* è 0,22 volt e quello del citocromo *a* è 0,29 volt. Il potenziale di ossidoriduzione per la riduzione dell'ossigeno ad acqua è 0,8 volt.

Il passaggio di elettroni da un citocromo all'altro attraverso un gradiente di potenziale (dal citocromo *b* a quello *c*, al complesso del citocromo *a* e finalmente all'ossigeno) è reso possibile da successive riduzioni e ossidazioni di questi cofattori.

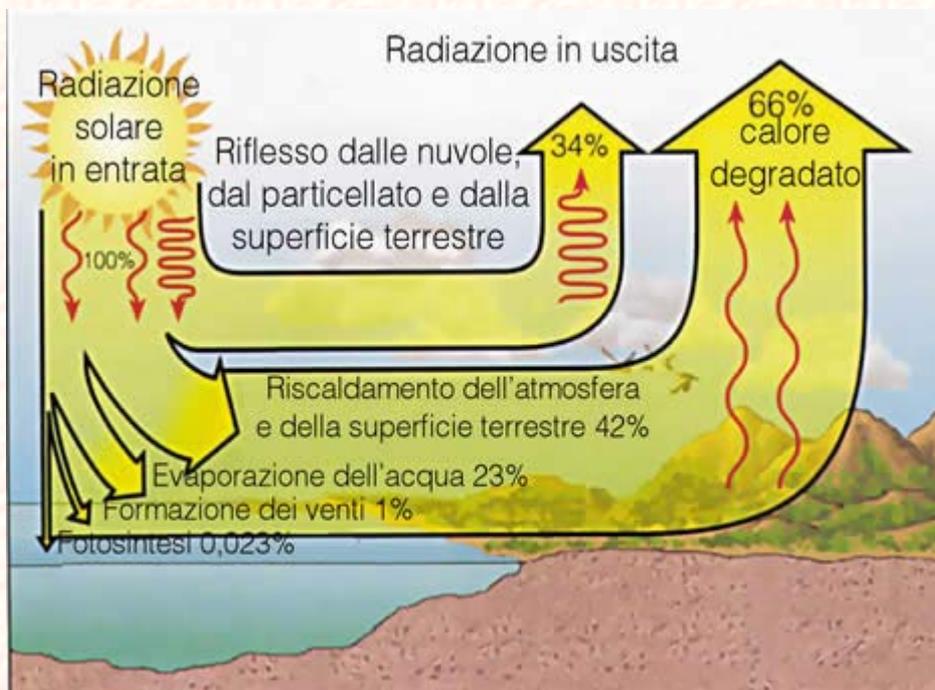
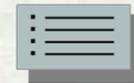
L'energia che si libera da queste reazioni di ossidoriduzione (nettamente superiore a quella di una fermentazione) è accoppiata alla sintesi di composti fosforati (cioè contenenti P) ad alto contenuto energetico come l'adenosintrifosfato (ATP), una sorta di moneta energetica che può essere trasformata in un qualsiasi tipo di lavoro o forma di energia. L'enzima citocromo-ossidasi, contenente Cu, fa da intermediario al passaggio finale di elettroni dal citocromo complesso *a* all'ossigeno.

Nelle cellule degli organismi superiori, il sistema ossidativo e di trasporto di elettroni è localizzato in speciali organuli chiamati mitocondri. Questi organuli possono essere considerati efficientissime fornaci, a bassa temperatura, dove le molecole organiche vengono bruciate dall'ossigeno. La maggior parte dell'energia che si libera viene trasformata in legami altamente energetici dell'ATP. ▶





CICLI BIOGEOCHIMICI

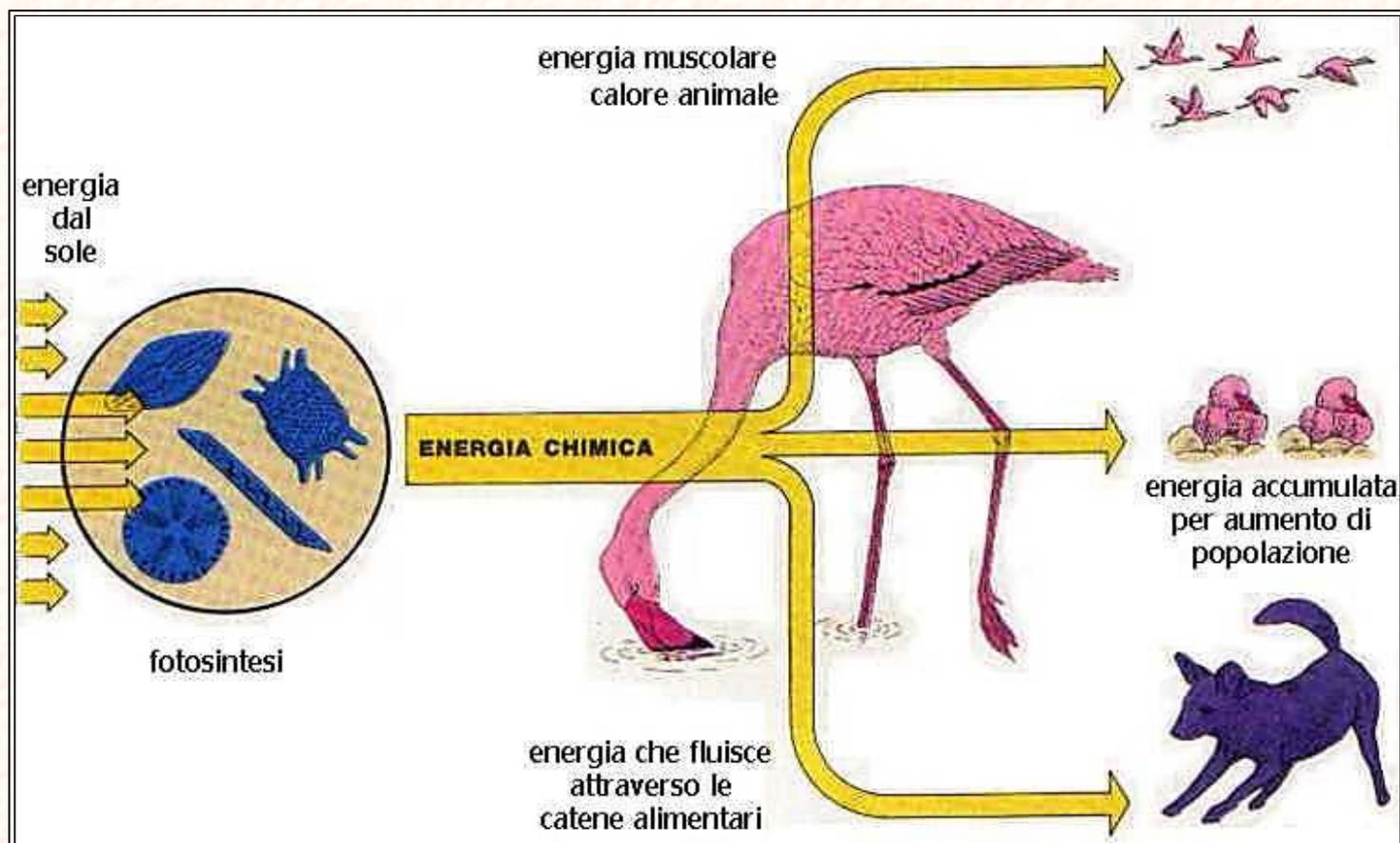


La Terra è un sistema sostanzialmente chiuso e come tale gli elementi essenziali circolano attraverso gli organismi fino a giungere nell'ambiente fisico e successivamente tornano agli organismi senza alcun apporto esterno.

In un ecosistema, dunque, la materia viene continuamente trasformata e riciclata. In questo modo gli elementi chimici indispensabili alla vita possono essere riutilizzati dagli esseri viventi.

Gli elementi chimici che compongono gli organismi (acqua, carbonio, ossigeno, idrogeno, azoto, carbonio, ecc) possono essere riutilizzati senza subire alcun cambiamento.





Rispetto all'energia, la Terra è un **sistema aperto** che riceve un continuo apporto di energia luminosa.

Il concetto di energia come capacità di compiere lavoro e la scoperta della equivalenza tra calore e lavoro hanno messo in evidenza che le **diverse attività svolte da un organismo hanno nell'energia un fondamento comune**.

Per utilizzare il flusso ininterrotto di **energia solare** che investe la Terra, i vegetali debbono ricorrere di continuo alla **fotosintesi clorofilliana**, mentre gli animali debbono nutrirsi di continuo con alimenti che possiedono **energia chimica**.

FLUSSI DI ENERGIA E CICLI DELLA MATERIA

Quindi energia e materia sono strettamente legate: senza l'energia la materia non può muoversi e circolare, e senza materia l'energia non ha possibilità d'impiego.

La Terra è un sistema termodinamicamente chiuso, cioè la materia che la costituisce è sempre la stessa, mentre è investita e attraversata da un flusso di energia che entra nell'ecosfera, compie lavoro, subisce delle trasformazioni e infine esce dal sistema – Terra disperdendosi nello spazio interstellare sotto forma di energia termica e infrarossa.

Tuttavia il flusso di energia è praticamente inesauribile, perché è continuamente alimentato dall'esterno, dal Sole.





REGOLAZIONE DEGLI ECOSISTEMI



Fin dal suo sorgere, l'ecologia ha cercato di capire e di spiegare le relazioni degli organismi con l'ambiente.

Nella prima parte del XX secolo, gli ecologi sono pervenuti ad una spiegazione della relazione tra organismi ponendo le basi per la genesi di nuovi concetti e ambiti come per esempio, le relazioni di alimentazione che legano gli organismi in un'unica unità funzionale, vale a dire, gli organismi che vivono nello stesso luogo interagiscono in un complesso sistema di relazioni alimentari detto **rete alimentare** (C. Elton), oppure la considerazione per la quale fu definito il nuovo concetto di **ecosistema** (A.G. Tansley), derivato dal fatto che piante e animali interagendo vicendevolmente, stabiliscono relazioni di interdipendenza con l'ambiente fisico circostante come veri e propri sistemi definibili "sistemi ecologici".

Confronti generali tra gli ecosistemi rivelano che la **produzione primaria** è correlata con la temperatura, le precipitazioni, la disponibilità dei nutrienti e altri fattori fisici, ma non mostrano come o dove agiscono questi fattori.





RETE ALIMENTARE



In realtà negli ecosistemi le relazioni tra le specie sono molto più complesse ed articolate di quelle rappresentate dalle catene alimentari, per cui gli ecologi parlano piuttosto di reti alimentari di cui le catene alimentari non sono altro che sequenze lineari. A questo proposito basta pensare agli animali che hanno metamorfosi totale o parziale, come gli insetti e gli anfibi, in cui i vari stadi hanno esigenze alimentari diverse.

Quindi **una rete alimentare è costituita dall'intersecarsi delle diverse catene alimentari all'interno della comunità.**

Per mettere in evidenza questa complessità chiediamoci:” Cosa succederebbe se dagli stagni della Sardegna scomparissero tutte le ranocchie?”.

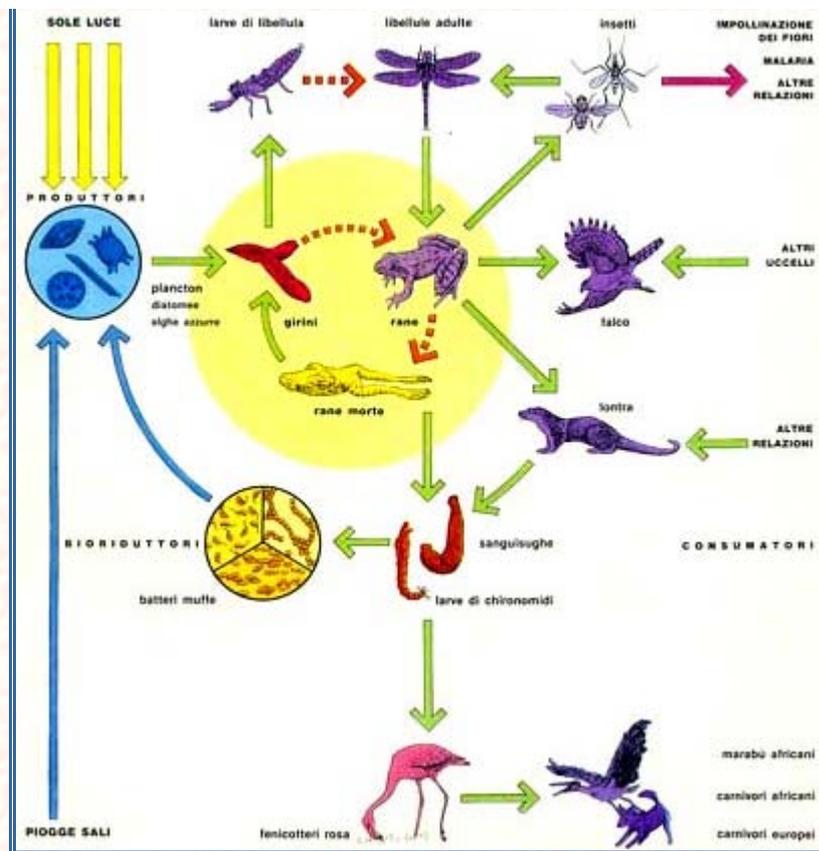
- I girini si nutrono sia di plancton che di piante acquatiche; poi, dopo questa fase vegetariana diventano carnivori, e addirittura cannibali, mangiando lumache acquatiche, larve di insetti (per es. larve di libellula) e rane morte.

- A loro volta i girini vengono divorati da insetti acquatici predatori, tra cui i più terribili sono il ditisco, lo scorpione d'acqua, e la ninfa della libellula.

- Quest'ultima, completa il



suo sviluppo, vivendo in acqua fino a due anni, e, per ghermire le prede, è provvista di un apparato boccale capace di scattare in avanti come una molla. Trasformatasi in insetto adulto, la libellula diventa un predone dell'aria e attacca mosche, zanzare, farfalle.



- Tuttavia le libellule, che per la loro abilità di cacciatrici si potrebbero paragonare ad un falco, sono a loro volta cibo per le ranocchie insieme con altri insetti.

- Le rane a loro volta sono cibo per le bisce e le poiane, oppure per le lontre e le volpi che si aggirano attorno allo stagno.
- I carnivori, nutritisi anche a base di rane, possono avere dei parassiti, come protozoi, vermi intestinali, pulci, pidocchi; oppure essere sfruttati dalle sanguisughe che ne succhiano il sangue.
- Non è escluso che le sanguisughe, muovendosi nel fango, diventino

preda dei fenicotteri rosa. Questi, filtrando il fango dei fondali, si nutrono poi di vermetti, larve e piccoli crostacei bioriduttori che demoliscono anche le spoglie delle rane morte.

- I fenicotteri stabiliscono così non solo un collegamento alimentare tra bioriduttori e consumatori, ma attraverso la migrazione, stabiliscono anche un ponte di collegamento tra sistemi ecologici lontani. Infatti, un fenicottero rosa accresciutosi con le sostanze organiche assimilate in Sardegna, può diventare il pasto di un carnivoro africano.
- Quindi le sostanze organiche circolano non solo tra esseri che vivono nello stesso ambiente, ma anche tra i diversi ecosistemi sparsi sulla Terra. E questa nel suo complesso, può essere considerata un unico grande sistema ecologico, detto **biosfera**. Ebbene, se dagli stagni della Sardegna fossero eliminate tutte le ranocchie, le ripercussioni della loro scomparsa si risentirebbero indirettamente in tutta la biosfera.

In conclusione, i sistemi possono essere naturali o artificiali; le relazioni di causa ed effetto possono essere lineali (= una relazione di causa ed effetto in cui la successione degli eventi non si inverte, cioè non torna al punto di partenza), oppure circolari (= una relazione di causa ed effetto in cui la successione degli eventi è circolare, e torna al punto di partenza). Nel caso descritto il sistema si **AUTOREGOLA** perché le componenti, influenzando reciprocamente una sull'altra danno luogo ad un equilibrio dinamico come quello di un pendolo, che oscilla sempre attorno ad una posizione intermedia..





Osservando un ecosistema qualsiasi non dobbiamo mai pensare che esso sia sempre stato così come lo vediamo, in una forma fissa nel tempo. E' un sistema dinamico nel cui interno si verificano continue modificazioni e continui equilibri sia nell'ambito della biocenosi che tra questa e il biotopo.

Infatti si verificano:

- Azioni: il **biotopo** influenza la **biocenosi**. (un cambiamento climatico, una variazione della quantità d'acqua o di luce)
- Reazioni: la biocenosi influenza il biotopo (i muschi, i licheni, le radici delle piante degradano le rocce)
- Coazioni: comprendono le **relazioni** tra gli individui della biocenosi

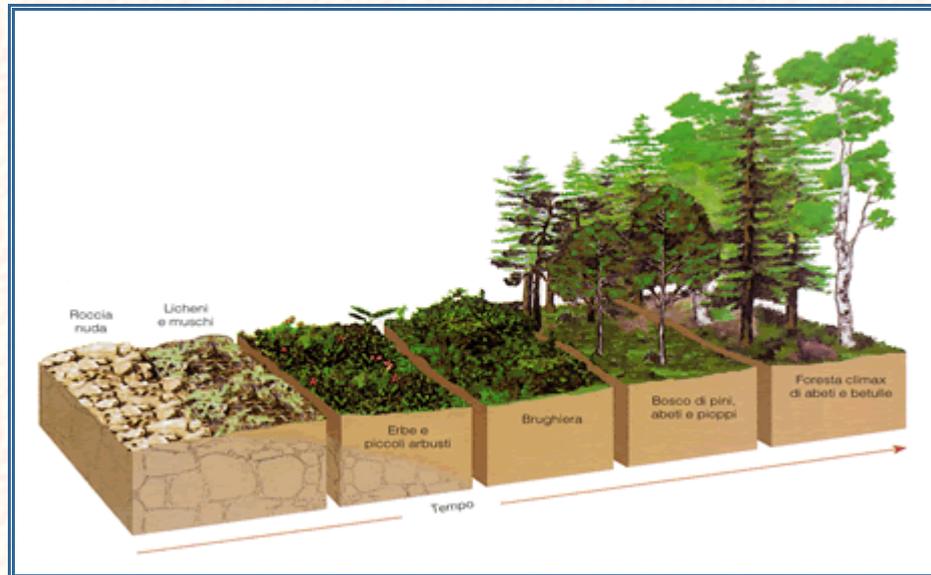
Quando in un ecosistema cambiano queste interazioni compaiono nuove comunità che progressivamente si sostituiscono alle precedenti rispetto alle quali sono più adatte. Tappe successive vedono non solo un avvicendamento delle specie, ma anche un rilevante aumento complessivo delle specie presenti. Questi cambiamenti costituiscono gli **stadi serali di una successione** che portano l'ecosistema a raggiungere un nuovo equilibrio destinato a rimanere stabile nel tempo, cioè lo **stadio di climax**.

Per essere più precisi la biocenosi climax resta identica a sé stessa per una durata che è quella di "varie vite umane". Ma su scala geologica questa stabilità è molto relativa. Qualsiasi modificazione del biotopo sotto l'azione di fattori climatici o geologici porta alla sostituzione delle biocenosi con altre; inoltre un climax anche apparentemente stabile è soggetto a un continuo rinnovamento

Le **SUCCESSIONI PRIMARIE** corrispondono all'insediamento di esseri viventi in un ambiente che non è mai stato popolato, in altre parole in un "posto vuoto". In genere, è possibile riconoscere alcuni passaggi applicabili a molte successioni primarie:

- L'arrivo di piante "pioniere" portate dal vento sotto forma di semi (o di spore).
- Un aumento costante della biomassa rispetto allo stadio di partenza. A un certo momento, poi, in tutte le successioni, la biomassa cessa di aumentare; in alcuni casi, tuttavia, questa tendenza si può invertire, come è stato osservato a Glacier's Bay [1] in Alaska, uno degli esempi mondiali meglio studiati di successione primaria.
- Un progressivo insediamento di specie più longeve.

- Una generale tendenza verso un aumento nella diversità delle specie, sebbene non del tutto scervo da inversione di rotta, come appunto a Glacier's Bay.
- La **facilitazione** dell'insediamento di alcune specie successive grazie all'azione di specie precedenti.
- L'**eliminazione competitiva** di alcune specie ad opera di specie che le seguono.



BIBLIOGRAFIA

[1] - D. Krogh, "Biologia: guida alla natura", Tomo B, 161-162, Le Monnier Editore.





Il biotopo è l'ambiente nel quale vive una **comunità** o biocenosi. E' lo spazio fisico che è continuamente sottoposto all'azione di fattori fisici, chimici e biologici che lo modificano continuamente. E' uno spazio limitato che offre risorse adeguate per il sostentamento della biocenosi. Un biotopo è caratterizzato dalle sue caratteristiche fisiche, chimiche e climatiche e dai suoi limiti geografici.

(es. In un prato, il terreno e le sue caratteristiche fisico-chimiche sono il biotopo; le piante del prato, gli insetti, i roditori, i lombrichi e i microrganismi sono la biocenosi).

FACILI CONFUSIONI

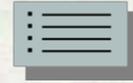
Capita spesso di confondere il termine biotopo con habitat.

- Il biotopo è lo spazio fisico nel quale vive una comunità o biocenosi
- L'habitat è lo spazio fisico nel quale vive una specie o un organismo

Ugualmente si confonde habitat con nicchia.

- **La nicchia** indica il ruolo svolto da una specie nella comunità facendo riferimento al modo con cui si procura l'energia e i materiali che richiede per la sua sopravvivenza.





Generalmente, si definisce **comunità ecologica** o **biocenosi** l'insieme di tutte le popolazioni che abitano in una data area. Lo stesso termine, d'altra parte, è anche usato per indicare un insieme di popolazioni che potenzialmente interagiscono in una data area.

La biocenosi si suddivide in:

- Fitocenosi
- Zoocenosi
- Microbiocenosi

La fitocenosi comprende tutte le popolazioni vegetali

La zoocenosi comprende tutte le popolazioni animali

La microbiocenosi comprende tutte le popolazioni di funghi e batteri.

In definitiva una comunità o biocenosi è l'insieme della fitocenosi, zoocenosi e microbiocenosi.

L'ambiente in cui vive una comunità o biocenosi è il **biotopo**.

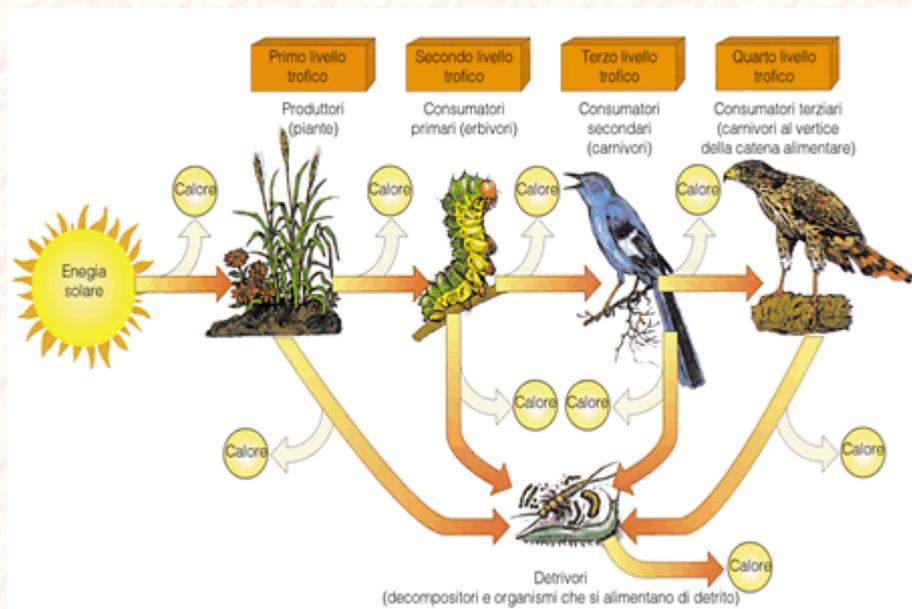
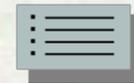
Che cosa interessa sapere agli ecologi di una comunità?

- Prima di tutto quali sono tutte o almeno alcune delle specie che la compongono; ►
- poi vogliono sapere qual è la loro abbondanza relativa, ►
- qual è l'importanza di alcuni dei suoi componenti per la comunità stessa, ►
- e qual è la gamma di specie che vi si trova; ►
- infine, quali sono le interazioni tra i membri della comunità. ►





CATENA ALIMENTARE



esempio di catena alimentare: in una catena alimentare tutti gli organismi sono legati da un rapporto alimentare per cui ciascun componente si nutre dell'organismo che lo precede e diviene fonte di nutrimento per l'organismo che lo segue.

I processi vitali che si svolgono negli ecosistemi sono basati su una rete di trasformazioni chimiche che portano, da un lato, alla sintesi di materia organica (**biomassa**), cioè di molecole organiche con legami "ricchi" di energia (carboidrati, proteine e lipidi) a partire da composti inorganici semplici (acqua, biossido di carbonio, sali minerali), dall'altro, nella degradazione della materia organica a composti inorganici semplici con legami poveri di energia, che vengono restituiti all'ambiente per essere nuovamente utilizzati. Questo ciclo di trasformazioni deve essere alimentato da un flusso continuo di energia che ha inizio dagli organismi autotrofi come le piante verdi, in grado, attraverso la fotosintesi, di sfruttare l'energia solare per fabbricare il proprio nutrimento.



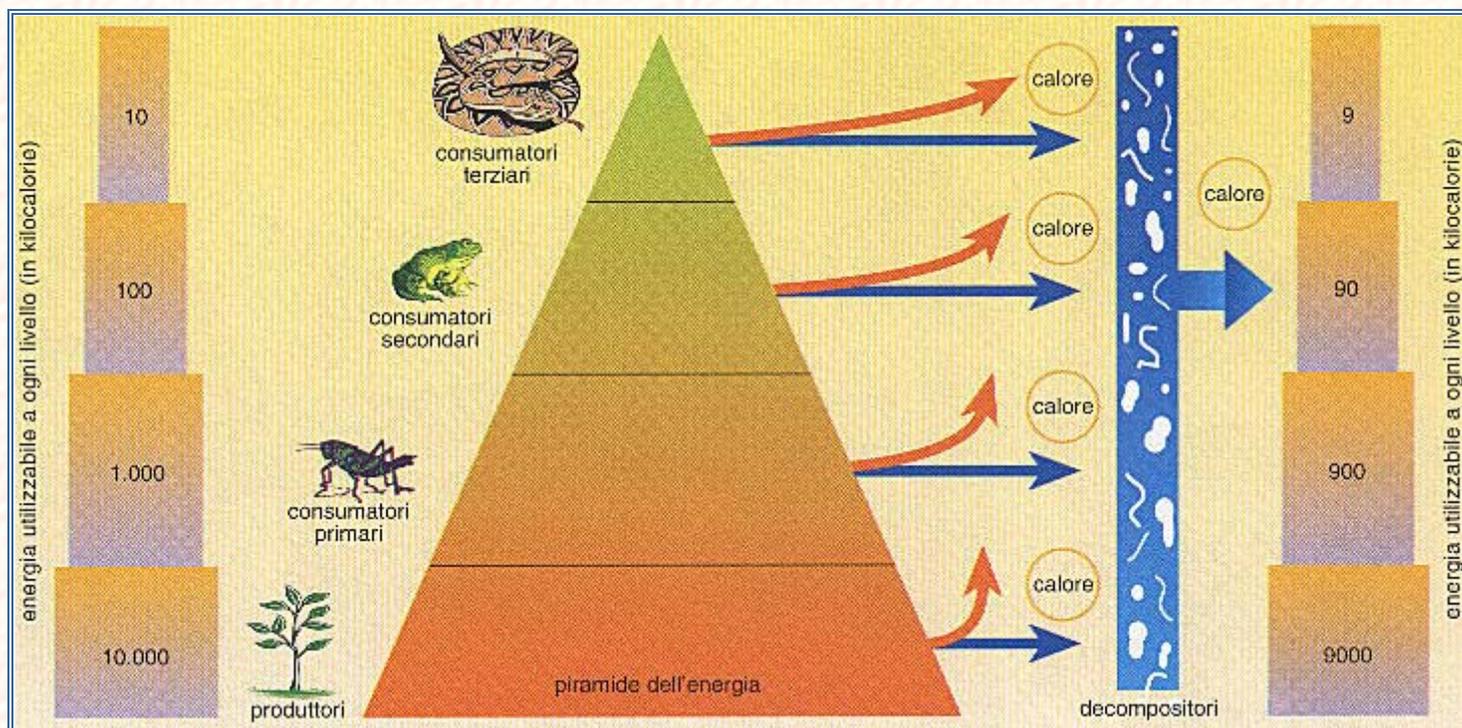


PIRAMIDE ALIMENTARE



La caratteristica principale delle catene alimentari è la loro brevità, cioè sono costituite da pochi anelli. Solo quelle subacquee possono presentare anche fino a 5-6 anelli. Vediamo perché.

- Attraverso le catene alimentari l'energia si trasferisce dalle piante agli animali e da un animale all'altro. Durante i trasferimenti però non tutta l'energia viene utilizzata, infatti una certa quantità di energia viene dispersa nell'ambiente sotto forma di calore a bassa temperatura (attrito) non più utilizzabile per compiere un lavoro.
- Di conseguenza quando un erbivoro mangia 1 Kg di erba, ne trasforma in propria materia vivente (= **biomassa**) solo una piccola parte, lo stesso avviene per i carnivori; perciò le popolazioni animali che occupano i successivi anelli della catena alimentare hanno una biomassa sempre più piccola.
- Molto sommariamente si calcola che il rapporto in peso tra le popolazioni che occupano due successivi anelli della catena sia di circa 1/10. Ecco perché i grafici con cui si rappresenta questo fenomeno hanno l'aspetto di piramidi.



Piramide dell'energia

IN REALTÀ SI DISTINGUONO TRE TIPI DI PIRAMIDI

Piramide dei numeri

Piramide della biomassa

Piramide della energia

Si comprende abbastanza facilmente che proprio per questo motivo la composizione quantitativa e numerica di una comunità naturale tende ad un equilibrio dinamico. Infatti:

- Qualsiasi alterazione nel numero di animali che occupano un certo anello della catena (= livello trofico), provoca delle alterazioni sia negli anelli che lo precedono sia su quelli che lo seguono.
- Anche se per un certo periodo si possono avere nell'ecosistema alcune popolazioni che aumentano in modo sproporzionato, *la limitazione reciproca* che i vegetali, gli erbivori e i carnivori esercitano gli uni sugli altri, riconduce a poco a poco il loro numero su nuove posizioni di equilibrio.
- Se si mettono idealmente su una bilancia le quantità complessive di tutti i "protagonisti" di una catena alimentare, si scopre che i pesi rispettivi tendono a rispettare **la legge del 10 %**. Per esempio:



Per questo motivo se si rappresenta graficamente questo fenomeno si ottiene una piramide, in cui ogni gradino è 1/10 di quello sottostante.

- Questo significa che, se si conosce la produttività di un certo ecosistema, sarà anche possibile determinare mediante calcolo quanti individui delle specie in esso presenti potranno avere cibo a sufficienza.
- Tuttavia, se la superficie di un ecosistema diminuisce a causa di cambiamenti climatici o per l'attività dell'uomo, diminuirà anche il numero di individui e di specie in esso presenti. Il naturalista Edward O. Wilson ha anche trovato una *regola empirica* che indica come il numero di specie dimezza se la superficie dell'ecosistema viene ridotta ad 1/10 di quella originaria.
- In questo caso le specie a rischio di estinzione saranno quelle che già in origine erano costituite da popolazioni poco numerose, poiché è stato dimostrato che, quando una popolazione ha un numero di individui al di sotto di una certa soglia, che varia a seconda della specie considerata, il tasso di riproduzione delle coppie fertili rimaste sarà insufficiente a permettere la sopravvivenza della specie.
- Più precisamente, **le specie a rischio d'estinzione** saranno soprattutto le seguenti:
 - a) le *specie dei super-predatori* perché, essendo al vertice delle piramidi alimentari, le loro popolazioni sono sempre poco numerose;
 - b) le *specie che subiscono una super-predazione da parte dell'uomo* (tramite, per esempio, la pesca o la caccia);
 - c) le *specie che per cambiamenti climatici o per la competizione di specie alloctone (=non indigene) o per epidemie anche introdotte dall'esterno tramite specie alloctone* subiscono una drastica rarefazione.

Per capire meglio tutto questo facciamo un esempio ipotetico (potrebbe essere rappresentato dalla figura sopra indicata con l'aggiunta finale dei falchi: ►

- Ammettiamo che su una palude costiera si abbatta una piccola invasione di *cavallette* che si nutrono di vegetali. A causa dell'abbondanza di vegetali, la popolazione di cavallette si accresce, ma nel frattempo i vegetali, brucati oltre un certo limite, non possono più produrre sostanze organiche sufficienti a sfamarle.
- Ammettiamo inoltre che, prima dell'invasione, fosse presente una numerosa popolazione di *ranocchie*. Queste, nutrendosi di cavallette, ne riducono via via il

numero alle giuste proporzioni. Ciò favorisce sia lo sviluppo dei vegetali, sia la sopravvivenza delle cavallette superstiti. Ma questa volta sono le rane ad essere aumentate di numero.- Nello palude però ci sono anche le *bisce* di terra e di acqua. Le bisce limitano la popolazione delle rane, e si accrescono a loro volta.

- Contro le bisce entrano in azione i *falchi* che non hanno nemici pericolosi, se si eccettua l'uomo.
- Tuttavia quando i falchi eliminano molte bisce, possono anche allevare nidiate numerose. Ma negli anni successivi, l'accresciuta popolazione dei falchi, non troverà più bisce e rane a sufficienza. Le nuove nidiate saranno perciò decimate da una elevata mortalità che riconurrà i falchi alle proporzioni consentite dall'ecosistema.
- Ammettiamo, infine, che la superficie della palude venga ridotta ad 1/10 della sua estensione per coltivare la terra o per altri motivi e che la popolazione dei falchi subisca anche una drastica riduzione per motivi venatori. Poiché le specie dimezzeranno, quelle che probabilmente finiranno per trovarsi sul baratro dell'estinzione potrebbero essere i falchi se saranno presenti in poche coppie fertili e le rane che soffrono molto sia la ridotta presenza di acqua e sia la maggiore presenza in essa delle sostanze chimiche usate in agricoltura.





Papaver rhoeas [foto P.Ruggieri]

Tutti gli organismi identici tra loro, che vivono in uno stesso territorio contemporaneamente e sono capaci di fecondarsi per dare prole fertile formano una **popolazione**. La popolazione non deve solo intendersi come un'aggregazione di individui ma come un livello di organizzazione superiore a quello del singolo con funzioni e caratteristiche sue peculiari. Queste ultime hanno il carattere della dinamicità e cambiano nel tempo.

Le principali sono:

- la dimensione (il numero di individui);
- la densità (il n° di individui in una data area e in un dato tempo). E' soggetta a modificarsi in dipendenza da alcuni fattori. E si calcola:

$$\text{densità} = \frac{\text{n° di individui}}{\text{superficie occupata}}$$

- la distribuzione di età (proporzione di individui di ciascuna età in una popolazione);
- la dispersione (il comportamento spaziale indica come sono distribuiti nello spazio, se in gruppi, distribuiti uniformemente o in modo casuale);

Queste caratteristiche sono le **DINAMICHE DI POPOLAZIONE**. La dimensione di una popolazione dipende da molti fattori ambientali che possono essere determinati da organismi o da componenti fisiche. E'

importante sottolineare che quando varia il numero degli individui di una popolazione varia anche quello delle altre ad essa connesse attraverso la rete alimentare.

L'uomo incide sulle altre popolazioni più di altri esseri viventi per la sua grande capa

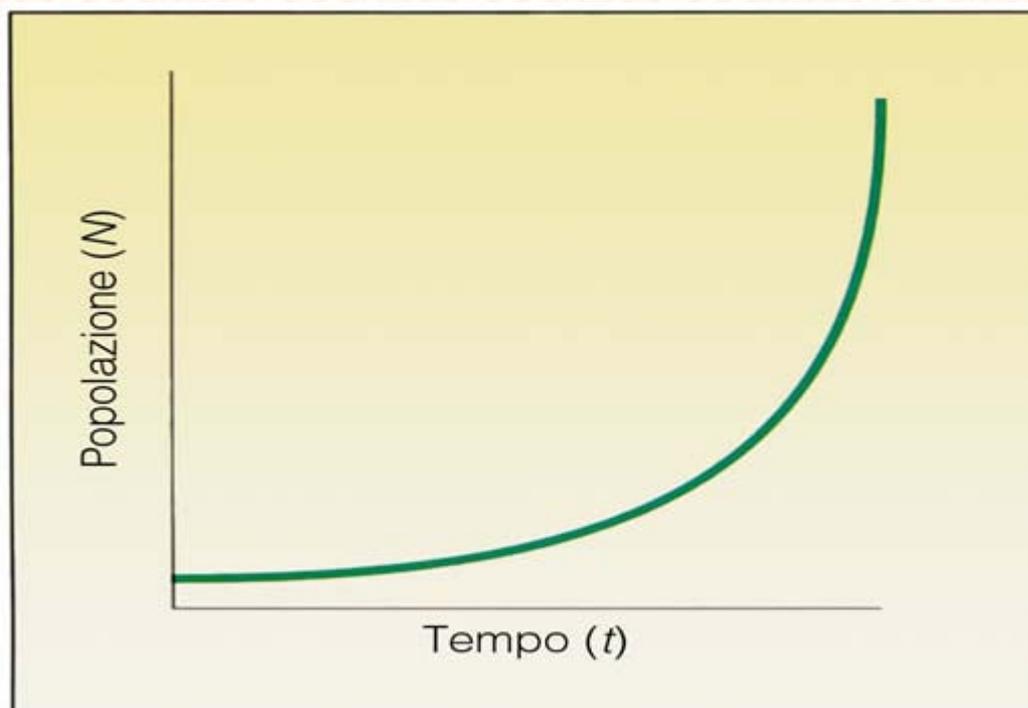




CURVE DI CRESCITA



Se per una data popolazione non esistono limiti di risorse e nessun altro fattore la ostacola, va incontro ad una crescita esponenziale. Con questo termine si indica un aumento dapprima lento e poi sempre più rapido man mano che la popolazione aumenta. La rappresentazione grafica chiarisce meglio l'andamento.



Crescita esponenziale

Una [storia](#) per capire meglio la crescita esponenziale: Una posta in gioco molto cara





FATTORI LIMITANTI



Un fattore ambientale che rallenta la crescita di una popolazione è detto fattore limitante.

PRINCIPIO DEL FATTORE LIMITANTE. Qualsiasi **fattore abiotico** presente in quantità troppo piccole o troppo abbondanti può limitare o arrestare la crescita della popolazione anche se tutti gli altri sono in un valore ottimale.

Esempi

La temperatura. Le zanzare adulte sono uccise dal gelo. In autunno le rondini volano a Sud. Due esempi di diminuzione della popolazione: uno attraverso la mortalità e l'altro l'emigrazione.



Chioma deformata dal vento

Il vento. Solo alcune piante, per lo più basse o molto resistenti riescono a vivere in zone molto ventose. Gli alberi deformano la chioma che cresce tutta da un lato.

L'acqua. A seconda dei casi, il peso di una pianta o di un animale è costituito d'acqua in una percentuale compresa tra il 50 e il 95%. Un uomo del peso di 63 Kg contiene circa 21 Kg di acqua. La maggior parte delle reazioni chimiche che avvengono in un organismo avvengono in presenza di acqua. Nel deserto le scarse precipitazioni e l'elevato tasso di evaporazione consentono la sopravvivenza solo di piante che si sono adattate a quelle condizioni estreme. Se una zona, inizialmente non arida, va incontro ad un cambiamento climatico le popolazioni animali e vegetali che prima erano adatte subiscono una diminuzione della crescita per la diminuzione dell'acqua disponibile, e spesso vengono sostituite da specie più idonee a sopravvivere alle nuove condizioni ambientali, con spostamento dei loro **areali**.





La biodiversità': introduzione



Molto spesso la biodiversità viene definita come il numero di specie presenti in un certo ambiente, tuttavia questo è estremamente riduttivo e il concetto di biodiversità non è così semplificabile. Essa, infatti, include le variazioni a tutti i livelli della materia vivente e non vivente, dai geni ai biomi passando attraverso gli individui, le popolazioni, le specie e le comunità (o gli ecosistemi, se includiamo anche i fattori fisico-chimici che condizionano gli organismi).

Inoltre, una distinzione tra biodiversità animale e biodiversità vegetale non è giustificabile in quanto tutti gli organismi viventi, dai procarioti ai più evoluti metafiti e metazoi fanno parte di un unico sistema biologico che si evolve reciprocamente in un unico processo coevolutivo; pertanto la biodiversità deve necessariamente comprendere tutte le suddette componenti, come pure gli aspetti abiotici all' interno dei quali il processo si realizza.

ENTER

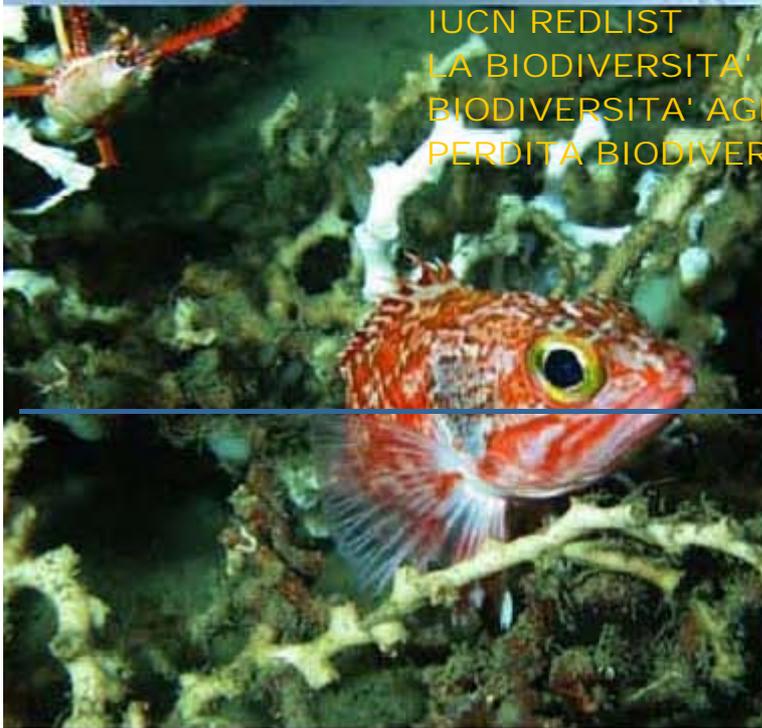


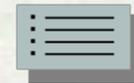


LA BIODIVERSITA'



CHE COS'E' LA BIODIVERSITA'
IL VALORE DELLA BIODIVERSITA'
IMPATTO DELL'UOMO SULLA NATURA
LA BIODIVERSITA' IN PERICOLO
SVILUPPO SOSTENIBILE
I BIOINDICATORI
INDICI DI QUALITA' AMBIENTALE
LA MISURA DELLA BIODIVERSITA'
LE MINACCE DELLA BIODIVERSITA'
LA FRAMMENTAZIONE DEGLI HABITAT
SALVAGUARDIA DELLA BIODIVERSITA'
IUCN REDLIST
LA BIODIVERSITA' IN ITALIA
BIODIVERSITA' AGRICOLA IN ITALIA
PERDITA BIODIVERSITA' IN ITALIA





“ La terra non appartiene all'uomo, l'uomo appartiene alla Terra... ciò che succede alla Terra appartiene ai figli della Terra. Non è l'uomo che ha tessuto la trama della vita: egli ne è solo un filo. Tutto ciò che fa alla trama lo fa a se stesso”

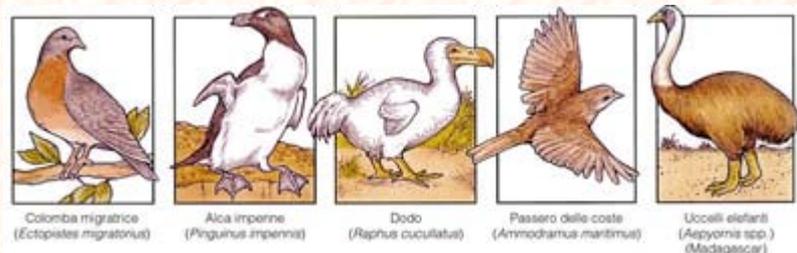
Capo Seattle
Tribù degli
Suquamish
Territorio di
Washington
Anno 1854

Per saperne di più: [Le origini della crisi ecologica](#)

Gli ecologi hanno evidenziato che la Terra è un **sistema** biologicamente complesso e che ogni singolo essere vivente fa parte di un meccanismo che coinvolge tutto il pianeta.

Lo **sviluppo tecnologico** e la **crescita esponenziale** della popolazione umana hanno portato:

- all'**estinzione** di alcune specie,
- all'**impoverimento della variabilità genetica** e
- di conseguenza alla **semplificazione biologica**



Alcune specie estinte a causa delle attività umane.

evidenziando:

- un sistema che è diventato vulnerabile
- la limitatezza delle **risorse**;

ciò vincola la crescita della popolazione e la produzione.



Vedi anche l'ipertesto METABOLISMO, la pagina «[limiti per un pianeta sano](#)»





ORIGINI DELLA CRISI ECOLOGICA



La crisi ambientale ha più origini e si manifesta in molte forme.

Questa crisi si è andata aggravando nel diciannovesimo e ancor più nel ventesimo secolo per vari motivi:

- il rapido aumento della popolazione mondiale;
- l'accesso a molte materie prime fino ad allora sconosciute;
- la conseguente invenzione di nuovi processi produttivi e di nuove merci.

I rapporti fra popolazione, merci e ambiente si possono schematicamente descrivere con un'equazione, in cui il degrado ambientale, schematizzato come inquinamento generato in un anno dalle attività di produzione e di consumo, I, risulta descritto dalla formula:

$$I = P \times M \times T$$

dove:

I = inquinamento globale e degrado generale dell'ambiente,

P = quantità di merci usate da ciascun individuo in un anno,

M = quantità di scorie inquinanti immesse nell'ambiente,

T = risorse non rinnovabili usate per una unità di merce prodotta e consumata (ovvero misura la qualità delle merci).

Nel termine "merce" vanno compresi anche tutti i servizi che servono per mettere in circolazione e commercializzare la merce stessa: trasporti, comunicazione, informazione eccetera.

Le alterazioni ambientali hanno assunto in alcune zone un carattere molto grave e talvolta catastrofico; ci si è chiesti allora come sia possibile ridurre tali alterazioni.

Come mostra l'equazione, per diminuire la crescita di I occorre rallentare l'aumento della popolazione, P, rallentare il consumo delle merci, M, e diminuire la quantità di scorie immesse nell'ambiente e l'uso di risorse non rinnovabili modificando le tecniche di produzione delle merci, T.

Certo, il compito non è semplice. La popolazione mondiale, nonostante un sensibile decelerazione, continua ad aumentare; noi tutti siamo spinti a produrre e ad acquistare nuove merci (del resto, se una economia non fa questo si dice che ristagna e ciò favorisce

disoccupazione e impoverimento delle famiglie). Soprattutto i poveri del mondo, che sono la maggioranza, premono per accedere anche loro al benessere e al livello di consumi del mondo industrializzato, inoltre le economie dei cosiddetti Paesi emergenti sono anche quelle più inquinanti!

Gli effetti della crisi ambientale sono pure molteplici:

L'erosione del suolo

La distruzione dei boschi lascia il suolo esposto all'erosione ed è causa di frane e alluvioni.

La modificazione del corso dei fiumi - per trarne energia elettrica o acqua da irrigazione o per mancanza di manutenzione - provoca l'erosione degli argini.

L'inquinamento

L'inquinamento è rappresentato dalla modificazione della qualità dell'aria, delle acque e del suolo per immissione di sostanze chimiche provenienti dalle attività di produzione e di consumo. Esso si manifesta con effetti a lungo termine o difficilmente percepibili.

A seconda della quantità di sostanze immesse nei corpi riceventi naturali e della loro concentrazione, l'aria può diventare sgradevole o dannosa da respirare, l'acqua non può essere utilizzata a fini potabili e un terreno non può essere utilizzato a fini di coltivazione e/o di allevamento. Particolarmente grave, per il suo immediato impatto sulla salute, la contaminazione e la scarsità di risorse idriche.

L'effetto serra

L'immissione nell'atmosfera di anidride carbonica (proveniente dalle combustioni), di ossidi di azoto (anch'essi provenienti dalle combustioni e dal traffico automobilistico), di metano eccetera, provoca delle alterazioni climatiche indicate con il nome di "[effetto serra](#)", che si traducono in un lento ma graduale aumento della temperatura media terrestre.

L'eutrofizzazione delle acque

Il crescente impiego di concimi azotati e fosfatici, per aumentare le rese delle colture agricole, fa finire nei laghi e nel mare una grande quantità di sostanze nutritive che sono responsabili di fenomeni di eutrofizzazione, che rende disponibile "troppo" cibo per le alghe che si moltiplicano eccessivamente e ben presto vanno in putrefazione, alterando gli equilibri ecologici di laghi e mari.

I rifiuti

Ogni Paese industriale genera una grande quantità di [rifiuti solidi urbani ed industriali](#) (solo in Italia 100 milioni di tonnellate all'anno) che vengono scaricati irrazionalmente sul suolo e nell'ambiente con effetti tossici o dannosi per la salute. L'immissione di rifiuti nel mare ne impedisce l'uso a fini ricreativi.

L'energia nucleare

La produzione di energia nucleare comporta la formazione di

elementi radioattivi - le scorie radioattive - che conservano la loro radioattività per anni, secoli o millenni e che rappresentano una mortale eredità alle future generazioni. Tuttavia, scorie radioattive vengono prodotte anche a fini pacifici o curativi, per esempio nella medicina nucleare.

Nel libro di Italo Calvino "*Le città invisibili*", la fantasia dello scrittore sembra prefigurare un futuro non troppo lontano, a cui potrebbe portare l'attuale crisi ambientale (se già non ci siamo immersi fino al collo!).





VARIETA' NELLE COMUNITA'



CHE COS'E' LA BIODIVERSITA'?

[Che cos'è] [Azione dell'uomo]
[Minacce] [Salvaguardia] [Situazione in Italia] [Sviluppi]

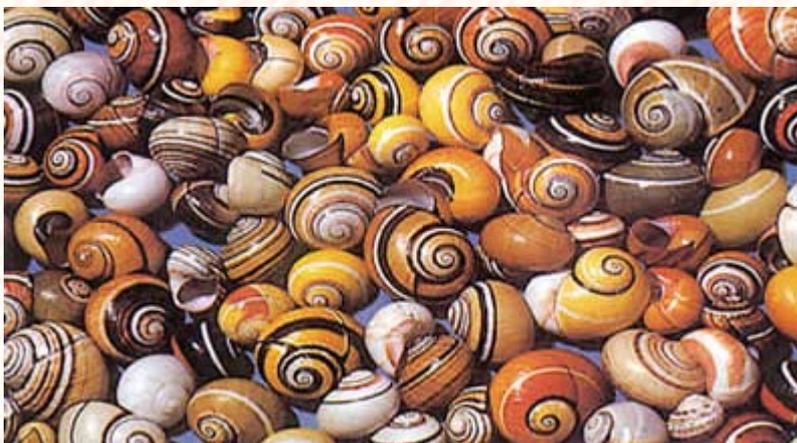


Il concetto di biodiversità è introdotto per la prima volta da ecologi inglesi e americani negli anni '50.

La Biodiversità rappresenta l'indice della diversità totale delle specie presenti in un data area e/o in un determinato periodo di tempo.

In sostanza la biodiversità rappresenta una polizza di assicurazione per la vita: più alta è la variabilità degli organismi, più alta è la loro capacità di adattarsi e di sfruttare l'energia disponibile.

E' da considerarsi una **risorsa** potenzialmente rinnovabile fondamentale per tutti gli esseri viventi.

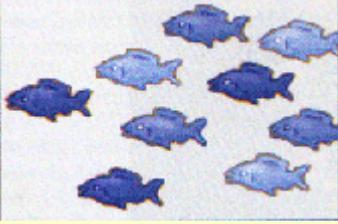
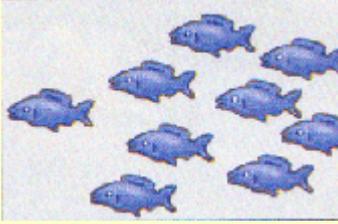


Si conoscono quattro differenti tipi di biodiversità:

- **degli ecosistemi**
- **genetica**
- **specifica**
- **culturale**
- **sintesi finale**

Ognuna delle suddette è necessaria e sufficiente per il mantenimento delle altre ed indispensabile per la sopravvivenza dei relativi ecosistemi **(IUCN, UNEP and WWF)**

	Elevata Biodiversità	Scarsa Biodiversità
a Diversità degli ecosistemi: corrisponde alla varietà di foreste,		

<p>oceani, praterie, laghi, deserti, fiumi ed altre comunità biologiche che interagiscono tra loro e con l'ambiente non vivente</p>		
	<p>ampia distribuzione di specie</p>	<p>limitata distribuzione di specie</p>
<p>b - Diversità genetica: si riferisce alla variabilità delle informazioni genetiche presenti nel corredo cromosomico di ogni singola specie</p>		
	<p>elevata diversità genetica nelle popolazioni</p>	<p>scarsa diversità genetica nelle popolazioni</p>
<p>c - Diversità di specie: è la varietà delle specie presenti su tutta la Terra nei diversi ambienti.</p>		
	<p>molte specie diverse</p>	<p>poche specie</p>

BIODIVERSITA' DEGLI ECOSISTEMI

La biodiversità degli ecosistemi è la varietà degli habitat presenti in un territorio. La diversità del paesaggio può considerarsi come il livello di diversità che riunisce i livelli genetico e specifico. La sua origine remota è nella diversità genetica da cui ha avuto origine la diversità specifica. La diversità delle specie ha originato comunità ed ecosistemi diversi, di cui si compone il paesaggio.

La diversità degli ecosistemi è riferita alla miriade di ambienti diversi in cui la vita può essere presente (foreste, barriere coralline, ambienti umidi, praterie, ambienti sotterranei, etc.); da questi ambienti le specie vengono fortemente influenzate sì che, allorché un tipo di habitat si deteriora o scompare, un gran numero di specie può essere di conseguenza eliminato. Allo stesso modo le componenti biologiche (specie) possono a loro volta influenzare le caratteristiche abiotiche del nostro pianeta [VEDI: **L'IPOTESI DI GAIA**]

Il grado di diversità delle comunità ecologiche è assai differente a seconda delle zone del globo terracqueo che si considerano. L'andamento della diversità mostra delle regolarità molto interessanti. La più famosa è il gradiente di diversità dal polo ai tropici: gli ecosistemi artici sono meno diversi di quelli temperati i quali sono meno diversi di quelli tropicali.

Gli esempi abbondano sia nel mondo vegetale sia in quello animale. Il Rio delle Amazzoni contiene oltre mille specie di pesci, mentre l'America Centrale ne ha 456 e i Grandi Laghi del Nord America 172. La foresta pluviale può contenere più di 200 specie di alberi su di una superficie di due ettari, mentre le foreste della zona temperata sulla medesima superficie non ospitano più di una quindicina di specie. Le formiche mostrano un gradiente molto chiaro dai tropici verso i poli.

Questo è probabilmente il livello di biodiversità meno precisamente definito. La valutazione della diversità a livello di ecosistemi, habitat o comunità è, infatti, relativamente complesso. Questo dipende soprattutto dal fatto che non esiste un unico criterio di classificazione di queste strutture ecologiche, in quanto le principali unità riconoscibili rappresentano, di fatto, parti differenti di un continuum naturale altamente variabile. La diversità degli ecosistemi può essere stimata, in senso lato, in termini di distribuzione globale o continentale dei diversi ecosistemi oppure in termini di diversità di specie all'interno degli ecosistemi.

Per saperne di più : **I BIOMI**

BIODIVERSITA' GENETICA

La diversità genetica rappresenta la variazione dei geni all'interno delle specie. La sopravvivenza di una specie dipende essenzialmente dalla varietà di popolazioni di cui è composta: le specie costituite da una sola popolazione contengono evidentemente una minore variabilità rispetto a specie pluridimensionali. La sopravvivenza di una specie dipende, quindi, dal mantenimento delle sue popolazioni; se queste si riducono di numero, si riducono di conseguenza le opportunità adattative della stessa specie.

La variabilità genetica è la materia prima della diversità a ogni livello di organizzazione. In questo ambito vengono quindi evidenziati i pericoli per la conservazione della stessa, derivanti dall'ibridazione e dall'alterazione della struttura demografica delle popolazioni. La conoscenza del numero di specie presenti in un dato habitat e delle

loro proporzioni relative permette di definire la ricchezza specifica. Ed è attraverso lo studio della distribuzione di questa ricchezza che si possono individuare i «punti caldi» della diversità, e catalogare le specie endemiche, quelle rare e quelle minacciate di **ESTINZIONE**. Il tutto integrato da un'analisi del paesaggio, che descriva l'eterogeneità territoriale secondo un criterio ecologico, ricostruendo il tessuto di relazioni tra le comunità naturali nell'ambiente.

Per saperne di più : [La classificazione dei viventi](#)

BIODIVERSITA' SPECIFICA

La diversità specifica, ciò che comunemente viene definito «biodiversità», rappresenta il complesso di specie che abita una data regione. Tale diversità può essere misurata in vario modo: il numero complessivo di specie presenti in una regione viene definito come «ricchezza di specie»; più preciso è il termine «diversità tassonomica» che prende in considerazione le relazioni tra le diverse specie [VEDI: **SPECIAZIONE**].

Il censimento della ricchezza specifica viene spesso utilizzato come valutazione della diversità; nondimeno, la numerosità specifica è solo una parte della biodiversità; molto importante risulta la frequenza del numero di individui all'interno di ogni singola specie.

Un alto tasso di diversità specifica si riscontra nelle specie planctoniche, per le quali è possibile analizzare e distinguere organismi di diversa forma e dimensione, dotati di vari adattamenti e differenti anche per ciclo biologico e per le modalità con cui si procurano energia.

BIODIVERSITA' CULTURALE

La biodiversità non è solo diversità genetica, specifica ed ambientale, ma anche culturale. Quest' ultima si può esprimere in vari modi, con la diversità di linguaggio, di cultura, ecc. e rappresenta un formidabile strumento di adattamento ad ambienti mutevoli e difficili.

La biodiversità culturale si è evoluta insieme a quella biologica. Eliminando la prima, si cancella la seconda. Le culture, i sistemi di governo e le economie si trasformano in modelli negativi quando vengono stabiliti e plasmati dall'esterno. La globalizzazione non è altro che la sostituzione dei sistemi auto-sanciti e auto-organizzati con altri manipolati dal di fuori, finanziati e organizzati a livello mondiale.

SINTESI FINALE

Quindi, perché la diversità nell'ambito di una comunità biologica possa essere considerata una risorsa deve essere caratterizzata da un adeguato numero di specie, da un'alta valenza ecologica e da uno stretto legame con le condizioni ambientali. E' noto come il nostro pianeta sia popolato da numerosi organismi, animali e vegetali che non conosciamo: attualmente sono state classificate poco più di un milione di specie, contro un numero di specie esistenti di gran lunga superiore. E', quindi, urgente e doveroso

preoccuparsi della conservazione di specie e ambienti che rischiano di scomparire per sempre, in molti casi ancora prima di essere scoperti. Alcuni biomi risultano più importanti rispetto ad altri in termini di ricchezza e di diversità specifica: gli estuari dei grandi fiumi, le barriere coralline, gli ambienti marini litorali e le foreste tropicali, queste ultime abitate da oltre la metà degli esseri viventi, pur ricoprendo solo una piccolissima parte (6 %) dell'intera superficie terrestre.

Infine, al pari della diversità genetica e specifica, alcuni attributi della cultura umana (nomadismo, cambiamento di coltivazioni, etc.) rappresentano altrettante «soluzioni» al problema della sopravvivenza in ambienti particolari e all'adattamento a condizioni ambientali mutevoli: la diversità culturale [VEDI: **IMPATTO DELL'UOMO SULLA NATURA**] si può esprimere in vario modo, con la diversità di linguaggio, religione, tecniche di coltura ed allevamento, arte, etc.



LA RETE DI RELAZIONI

Tutte le specie sono legate l'una all'altra e la scomparsa di una può causare gravi danni a tutta la comunità naturale. In un esperimento, quando la stella marina predatrice *Pisaster ochraceus* fu rimossa da una piccola area di fondale roccioso lungo la costa nordoccidentale degli Stati Uniti, la composizione della comunità cambiò drasticamente. Infatti, in precedenza, nell'area vivevano 15 specie; dopo la rimozione delle *Pisaster* ne rimasero solo 8, cioè, si ebbe una diminuzione netta di quasi il 50% della biodiversità. Una specie di mitilo, liberatosi dal controllo esercitato dal suo predatore, occupò gran parte dell'area disponibile per ancorarsi al substrato, togliendo spazio ad altri animali, tra cui i cirripedi.

In un ecosistema naturale uno stress ambientale, quindi, agisce riducendo la diversità nella comunità interessata. Infatti, le specie meno resistenti vengono eliminate mentre predominano le poche altre rimaste perché più resistenti. Il rapporto numerico di queste specie in riferimento all'importanza che rivestono nella comunità rappresenta un indice per identificare situazioni di inquinamento. Queste specie sono dette **BIOINDICATORI** (per esempio, i macroinvertebrati, i licheni, le trote, ecc.).

Cosa possiamo fare?

- **Usare le risorse in modo razionale.**
- **Controllare e limitare l'inquinamento.**
- **Attuare progetti di conservazione della biodiversità sia dove c'è naturalmente che in quelle strutture ad essa deputate come orti botanici, banche del seme e aree protette. ▶**
- **Evitare gli stress ambientali.**





Può essere l'agricoltura sostenibile?



L'agroecosistema è un ecosistema antropizzato cioè più o meno fortemente modificato dall'uomo per ottenere la massima produzione.

Per saperne di più: [Un ecosistema antropizzato: l'agroecosistema](#)

L'uomo con una serie di interventi ha profondamente semplificato la complessità biologica che è alla base di un ecosistema all'equilibrio.

Nel biotopo: le concimazioni, le lavorazioni del terreno, le irrigazioni; nella biocenosi: la coltura di una sola o poche specie con conseguente diserbo e trattamenti antiparassitari.



Trasformazione di una prateria in una monocoltura

La coltivazione di una o poche specie con difesa dalle erbe spontanee infestanti ha ridotto la **biodiversità**.

L'uomo coltivando i campi ha sovvertito l'equilibrio che era basato sulla complessità biologica e sulla diversità ricorrendo ad interventi artificiali con il risultato di una estrema semplificazione dell'ecosistema con conseguente perdita della capacità di autoregolarsi.

L'agricoltura intensiva ha causato l'estinzione di molte specie animali e vegetali spontanee con il risultato di un aumento delle popolazioni di insetti parassiti e una alterazione delle relazioni trofiche tra predatori e prede.



Sono scomparsi, inoltre, siepi, laghetti e prati naturali da sempre rifugio per gli animali. Per evitare questo si sta tendendo a realizzare un'agricoltura sostenibile

Un esempio di lotta biologica: L'introduzione di insetti predatori di altri parassiti delle piante.

capace di rispettare e (Coccinella e afidi)
valorizzare le biodiversità.

L'agricoltura sostenibile è produttiva ma a basso costo ambientale.

Per saperne di più: [A cosa serve il bosco](#)

Per saperne di più: [Incidenza degli esseri umani sull'ecosistema](#) (il collegamento è sempre a agroecosistema)





Se una popolazione è così grande da finire tutta l'acqua e il cibo andrà incontro ad una diminuzione fino alla sua scomparsa totale.

La dimensione di una popolazione, infatti, dipende dalla disponibilità delle risorse riferite alla materia e all'**energia**. Distinguiamo le risorse in:



- Risorse ecologiche
- Risorse economiche

Una risorsa ecologica è tutto ciò che è necessario ad un organismo per svolgere le sue normali necessità vitali; cioè per garantire il suo funzionamento, per crescere e riprodursi. Sono un esempio il cibo, l'acqua, il territorio e un riparo. Sembrano necessità irrilevanti ma, secondo una stima dell'OMS, muoiono al giorno 13.700 bambini per malnutrizione o per malattie legate ad essa e all'**ACQUA POTABILE INQUINATA**. 10 bambini al minuto!

Quello delle risorse idriche è un problema anche per i paesi industrializzati.

Una risorsa economica ha più attinenza con l'uomo e si riferisce a quanto serve ad esso per soddisfare le proprie necessità e svaghi. Sono un esempio il cibo, l'acqua, un riparo, manufatti, trasporti, comunicazioni e divertimenti.



[INDICE](#)[HOME PAGE](#)

METABOLISMO

Limiti per un pianeta sano

Gli scienziati hanno stabilito limiti per nove principali processi ambientali. Se fossero superati, la Terra potrebbe diventare inabitabile. Purtroppo, tre di essi sono già stati oltrepassati

Per quasi 10 000 anni, dalla nascita della civiltà e per tutto l'Olocene, il mondo è apparso incredibilmente vasto. Sconfinate foreste e immensi oceani offrivano quantità infinite di risorse. Gli esseri umani potevano inquinare liberamente, ed evitare le conseguenze spostandosi altrove. Ma grazie ai progressi della salute pubblica, alla rivoluzione industriale e, nel secondo dopoguerra, alla rivoluzione verde, la popolazione mondiale è passata dai 500 milioni del 1800 ai quasi 7 miliardi di oggi (2010).

Negli ultimi cinquant'anni il numero degli esseri umani è più che raddoppiato, e il nostro sfruttamento delle risorse ha raggiunto livelli incredibili: il consumo globale di cibo e acqua dolce è più che triplicato, e il consumo di combustibili fossili è quadruplicato. L'umanità usa da un terzo a metà di tutta la fotosintesi che avviene sulla Terra.

Questa crescita sfrenata ha trasformato l'inquinamento da un problema locale a un assalto di dimensioni planetarie. L'assottigliamento dello strato dell'ozono e l'elevata concentrazione di gas serra sono due dei problemi più noti, ma stanno emergendo molto altri effetti negativi. L'improvvisa accelerazione della crescita demografica, del consumo di risorse e dei danni ambientali ha cambiato la Terra.

Oggi viviamo in un mondo «pieno», con risorse limitate e ridotta capacità di assorbire gli scarti. Perciò anche le regole per vivere il pianeta sono cambiate. Dobbiamo intervenire in modo da vivere all'interno della «zona di sicurezza» dei nostri sistemi ambientali. Se non rivedremo il nostro modo di agire, provocheremo cambiamenti ambientali catastrofici che potrebbero avere conseguenze disastrose per l'umanità.

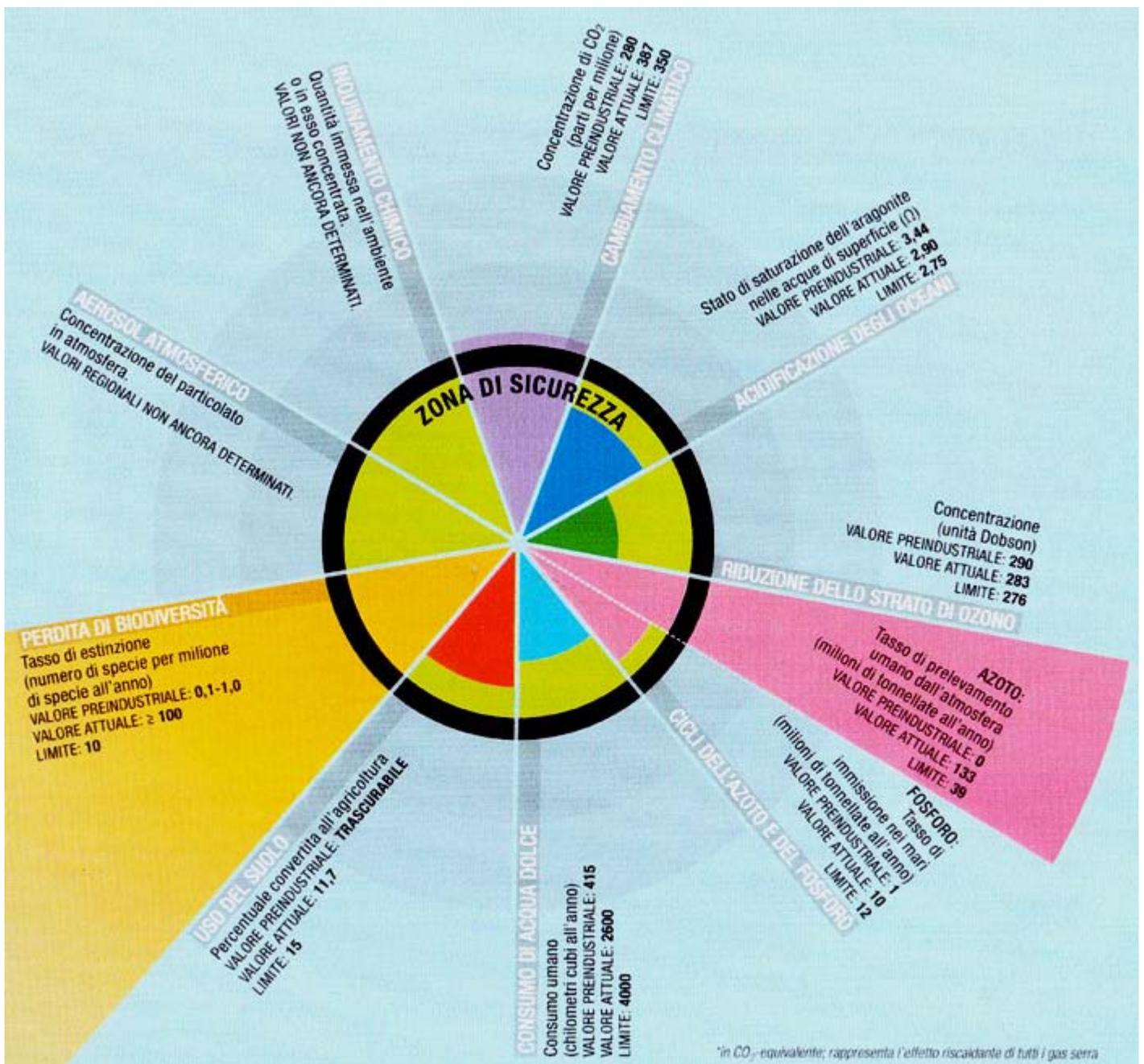
Un monito che ricorda quello lanciato alla fine del Settecento dall'economista inglese Thomas R. Malthus, il quale predisse che i miglioramenti della qualità della vita sarebbero stati compromessi dalla crescita della popolazione.

Che cosa potrebbe causare questi cambiamenti? E come possiamo evitarli? Recentemente un team internazionale di scienziati - guidato da Johan Rockström dello Stockholm Resilience Center, in Svezia, comprendeva ricercatori europei, statunitensi e australiani - ha provato a rispondere a questi interrogativi ponendosi una domanda ancora più ampia: ci stiamo avvicinando a una serie di «punti fermi di non ritorno» planetari che modificheranno l'ambiente in modi mai verificatisi nel corso della storia umana?

Dopo aver esaminato numerosi studi interdisciplinari sui sistemi fisici e biologici, il team ha individuato nove processi ambientali che potrebbero alterare drasticamente le capacità del pianeta di sostenere vita umana. Per ciascuno di questi processi sono stati stabiliti limiti all'interno dei quali l'umanità può ritenersi al sicuro.

Sette di essi hanno valori di soglia molto chiari, definiti in maniera scientifica per mezzo di un numero: cambiamento climatico, perdita di biodiversità, inquinamento da azoto e fosforo (riuniti sotto un'unica voce poiché tendono a verificarsi insieme), riduzione dell'ozono della stratosfera, acidificazione degli oceani, consumo globale di acqua dolce e uso globale del suolo. Gli altri due processi, inquinamento dovuto all'aerosol atmosferico e inquinamento chimico globale, non sono stati studiati a sufficienza per stabilire limiti numerici precisi.

Secondo questa analisi, la Terra ha già oltrepassato i limiti in tre casi: perdita della biodiversità, inquinamento da azoto e cambiamento climatico. ma anche negli altri processi per cui è stato stabilito un limite numerico la tendenza è inequivocabilmente verso il raggiungimento della soglia. I singoli valori potrebbero avere bisogno di piccoli aggiustamenti, e nuovi processi potrebbero venire aggiunti in futuro, ma si tratta comunque di un primo indice dei problemi ambientali più pericolosi e di una base di partenza per pensare come gestirli, ammesso che si riesca a farlo.



TUTTI I PRINCIPALI PROCESSI ambientali dovrebbero restare all'interno di certi limiti, in modo da non compromettere la zona di sicurezza entro cui l'umanità è in grado di esistere, Le zone colorate indicano quanto è aumentato un processo rispetto ai livelli preindustriali, fino a raggiungere o superare il valore soglia. Per la biodiversità, l'azoto e il cambiamento climatico, i limiti sono già stati oltrepassati.

Il problema dei combustibili fossili

Cibo poco sostenibile

Critiche

Letture

Il problema dei combustibili fossili

Capire le cause dei problemi ambientali più urgenti ci mette sulla buona strada per risolverli. per due di essi (cambiamento climatico e acidificazione degli oceani) una causa è fin troppo familiare: l'uso dei combustibili fossili, che liberano anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera.

CAMBIAMENTO CLIMATICO. La Terra sta già subendo un significativo riscaldamento dovuto all'attività umana, e scienziati e governanti sono alla ricerca di strategie per evitarne le conseguenze più devastanti, come la scomparsa delle calotte polari e l'alterazione dei sistemi meteorologici regionali.

Già oggi la concentrazione della sola CO₂ è di 387 parti per milione (ppm), e si continua a discutere su quali siano i livelli complessivi di gas serra in grado di causare cambiamenti pericolosi; i valori ipotizzati vanno da 350 a 550 ppm di CO_{2e} («anidride

carbonica equivalente», che esprime la concentrazione di tutti i gas serra combinati).

Nella analisi del team, si suggerisce un prudente obiettivo a lungo termine di 350 ppm per tenere il pianeta lontano dai valori soglia climatici. Per raggiungerlo, bisogna attivarsi subito per stabilizzare le emissioni di gas serra e, nei prossimi decenni, ridurle ben al di sotto dei livelli attuali.

ACIDIFICAZIONE DEGLI OCEANI. E' il parente meno noto del cambiamento climatico. L'aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera si accompagna a un aumento di CO₂ che si dissolve in mare sotto forma di acido carbonico, rendendo più acide le acque superficiali.

Con un pH 8,2, gli oceani sono naturalmente basici, ma i dati indicano che il valore è già sceso a quasi 8,0 e continua a diminuire. L'indicatore scelto dal team per quantificare il danno prodotto da questo cambiamento è il livello dell'aragonite, un minerale simile al carbonato di calcio, negli strati d'acqua più superficiali.

Molti organismi, dai coralli a molte specie di fitoplancton, dipendono dall'aragonite per formare il proprio scheletro o conchiglia. Un aumento dell'acidità può indebolire gravemente gli ecosistemi marini e le catene alimentari: un'altra ragione per ridurre il consumo di combustibili fossili.

Cibo poco sostenibile

Benché l'umanità sfrutti già il 35% delle terre emerse per l'agricoltura e l'allevamento, la prima causa di deforestazione è la creazione di nuove coltivazioni. Diversi limiti planetari sono a rischio di essere superati a causa dell'uso che facciamo del suolo.

PERDITA DI BIODIVERSITA'. Lo sviluppo umano sta causando una delle più grandi estinzioni di massa della storia.

Il tasso di scomparsa delle specie è da 100 a 1000 volte più alto rispetto ai tassi naturali osservati nei reperti geologici. L'estinzione riguarda sia gli ecosistemi terrestri sia quelli marini, e potrebbe alterare i processi ecologici su scala regionale e globale.

Il fenomeno non riguarda solo le specie naturali, infatti si sta rarefacendo sempre più anche la variabilità genetica all'interno delle specie vegetali e animali che sono state domesticate. Serve maggiore impegno nella conservazione della biodiversità, soprattutto nelle foreste tropicali.

Iniziative come il programma REDD (Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation) dell'ONU, che finanzia programmi per rallentare l'abbattimento delle foreste tropicali, permettono di affrontare contemporaneamente la perdita di biodiversità e le emissioni di carbonio, e potrebbero risultare molto efficaci.

INQUINAMENTO DA AZOTO E FOSFORO. La diffusione dei fertilizzanti industriali ha sconvolto la chimica del pianeta, raddoppiando i flussi di fosforo e azoto negli ecosistemi, fino a livelli di circa 121 milioni di tonnellate di azoto e 9 milioni di tonnellate di fosforo l'anno.

Entrambe le sostanze stanno causando un diffuso inquinamento idrogeologico, degradando numerosi laghi e fiumi e sconvolgendo le aree costiere marine in cui sono sorte vaste «zone morte» con bassi livelli di ossigeno.

Servono nuove pratiche agricole che incrementino la produzione senza danneggiare l'ambiente.

ESAURIMENTO DELL'ACQUA DOLCE. Ogni anno preleviamo 2600 chilometri cubi di acqua dolce da fiumi, laghi e falde acquifere per irrigazione (70%), industria (20%) e usi domestici (10%). Per questo la portata di molti grandi fiumi è ridotta, e alcuni si stanno addirittura prosciugando.

La futura domanda di acqua dolce potrebbe essere enorme, perciò è necessario migliorare drasticamente l'efficienza del suo uso.

Critiche

L'articolo è stato pubblicato il 24 settembre 2009 su «Nature» dal team precedentemente indicato ed è stato accolto piuttosto positivamente; tuttavia, qualcuno ha criticato il fatto stesso di voler porre dei limiti, mentre altri sono in disaccordo sui numeri, anche ricordando quello che avvenne negli anni '70 del secolo scorso con il famoso «Club di Roma».

Comunque, il gruppo di studiosi guidato da J. Rockström riconosce che la maggior parte delle critiche ricevute è stata intelligente, e molte di esse erano in realtà già state previste. Insomma è chiaro che il concetto di limite richiede studi più approfonditi, soprattutto per quanto riguarda le cifre, sulle quali occorre continuare a lavorare.

Quello che questi studiosi, tuttavia, vogliono sottolineare è che, fissare dei limiti, non significa che la distruzione dell'ambiente sia accettabile finché rimane entro quei valori. Già passando da un terzo a due terzi del valore limite si produrrebbero danni importanti. Insomma non bisogna arrivare al limite prima di reagire.

In ogni caso, il team riteneva che il concetto di base fosse interessante, e che avrebbe aiutato a formare un'opinione collettiva sui limiti ambientali dell'esistenza umana. Inoltre sperava che i risultati avrebbero avviato una discussione all'interno della comunità scientifica, cosa che sembra essere avvenuta.

Club di Roma

Il Club di Roma fu fondato nell'aprile del 1968 dall'imprenditore italiano Aurelio Peccei e dallo scienziato scozzese Alexander King, insieme a premi Nobel, leader politici e intellettuali, fra cui Elisabeth Mann Borgese. Il nome del gruppo nasce dal fatto che la prima riunione si svolse a Roma, presso la sede dell'Accademia dei Lincei alla Farnesina.

È una associazione non governativa, non-profit, di scienziati, economisti, uomini d'affari, attivisti dei diritti civili, alti dirigenti pubblici internazionali e capi di stato di tutti e cinque i continenti. La sua missione è di agire come catalizzatore dei cambiamenti globali, individuando i principali problemi che l'umanità si troverà ad affrontare, analizzandoli in un contesto mondiale e ricercando soluzioni alternative nei diversi scenari possibili. In altre parole, il Club di Roma intende essere una sorta di cenacolo di pensatori dediti ad analizzare i cambiamenti della società contemporanea.

Conquistò l'attenzione dell'opinione pubblica con il suo **Rapporto sui limiti dello sviluppo**, meglio noto come Rapporto Meadows, pubblicato nel 1972, il quale predicava che la crescita economica non potesse continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità di risorse naturali, specialmente petrolio, e della limitata capacità di assorbimento degli inquinanti da parte del pianeta. La crisi petrolifera del 1973 attirò ulteriormente l'attenzione dell'opinione pubblica su questo problema.

In realtà le previsioni del rapporto riguardo al progressivo esaurimento delle risorse del pianeta erano tutte relative a momenti successivi al primo ventennio del XXI secolo, ma il superamento della crisi petrolifera degli anni settanta contribuì alla nascita di una

leggenda metropolitana, secondo cui le previsioni del Club di Roma non si sarebbero avverate. Nella pratica, l'andamento dei principali indicatori ha sinora seguito piuttosto bene quanto previsto nel **Rapporto sui limiti dello sviluppo**, e l'umanità è destinata a confrontarsi nei prossimi decenni con le conseguenze del superamento dei limiti fisici del pianeta. Un esempio di ciò è dato dal **Picco di Hubbert**.

Publicato negli anni della grande crisi petrolifera e dell'unica crisi dei mercati cerealicoli della seconda metà del secolo i due rapporti realizzati dal MIT per il Club di Roma produssero immensa attenzione, ma l'essenza del messaggio, la previsione che dopo l'anno 2000 l'umanità si sarebbe scontrata con la rarefazione delle risorse naturali fu sostanzialmente rigettata dalla cultura economica internazionale, compresi illustri premi Nobel quale l'economista Amartya Sen, assolutamente convinti che lo sviluppo tecnologico avrebbe sopperito ad ogni rarefazione di risorsa.

Solo pochi analisti degli equilibri tra disponibilità ed impiego di risorse naturali avrebbero continuato nei decenni successivi ad ispirare il proprio lavoro di indagine e prospezione al teorema del MIT: si può ricordare negli stati Uniti Lester Brown e in Italia Antonio Saltini. Più recentemente l'ambientalista Bill McKibben, del Middlebury College si riallaccia alle idee del Club di Roma, anche se non ne fa parte.

Presidente del Club dal 2000 al 2006, è stato il principe giordano El Hassan bin Talal, a cui sono succeduti due copresidenti: Ashok Khosla, Eberhard von Koerber.

La sede da Amburgo è stata spostata a Winterthur.

Picco di Hubbert

Le guerre e le crisi energetiche rendono questa curva più caotica in pratica, ma ciò non cambia nulla alla tendenza. Una volta il picco di produzione scorso, la tendenza di fondo sarà ad un ribasso della produzione a lungo termine, le guerre e le crisi non faranno che diminuire o aumentare a breve scadenza la produzione, a lungo termine ciò non cambia nulla.

La teoria del picco di Hubbert (detta anche più brevemente picco di Hubbert) è una teoria scientifica (o modello) proposta, nella sua formulazione iniziale, nel 1956 dal geofisico americano Marion King Hubbert, riguardante l'evoluzione temporale della produzione di una qualsiasi risorsa minerale o fonte fossile esauribile o fisicamente limitata. In particolare, l'applicazione della teoria ai tassi di produzione petrolifera risulta oggi densa di importanti conseguenze dal punto di vista geopolitico, economico e ingegneristico.

La teoria si propone di prevedere matematicamente, a partire dai dati relativi alla «storia estrattiva» di un giacimento minerario, la data di produzione massima della risorsa estratta nel giacimento, così come per un insieme di giacimenti o una intera regione. Il punto di produzione massima, oltre il quale la produzione può soltanto diminuire, viene detto picco di Hubbert.

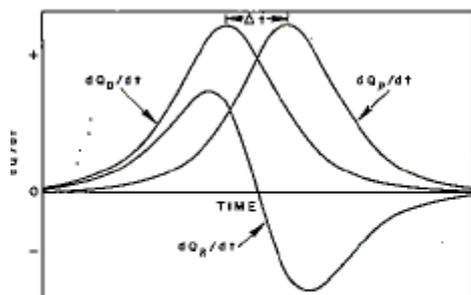


Fig. 9.-Rates of discovery and production and rate of increase of proved reserves for growth curves shown in Fig. 8.

"Nuclear Energy and the Fossil Fuels" Presented before the Spring Meeting of the Southern District Division of Production, American Petroleum Institute, San Antonio, Texas, March 8, 1956. Publication No. 95. Houston: Shell Development Company, Exploration and Production Research Division, 1956.

www.hubbertypeak.com/hubbertypeak/Bibliography.htm

«La curva di Hubbert» permette di avere una curva teorica della produzione di petrolio.

Infatti la curva dell'esplorazione ha la stessa forma di quella della produzione, ma il picco della curva dell'esplorazione arriva bene prima che quello della produzione; così, M. K. Hubbert, a partire dal picco dell'esplorazione petrolifera negli Stati Uniti nel 1948 - 1949, ha potuto predire, tramite un modello matematico, il picco di produzione del petrolio negli USA nel 1970.

Le conclusioni di Hubbert furono inizialmente guardate con sufficienza dagli ambienti scientifici ed economici, situazione che cambiò radicalmente nei primi anni settanta, quando, effettivamente, i 48 stati continentali USA raggiunsero il loro picco di produzione. La concomitanza di questi eventi con le crisi petrolifere del 1973 e del 1979 fece di Hubbert forse il geofisico più famoso del mondo.

Negli ultimi anni diversi studiosi in tutto il mondo hanno ripreso le sue teorie cercando di estrapolare e formalizzare meglio i suoi risultati al fine di prevedere il picco di Hubbert della produzione mondiale di petrolio e gas naturale.

Sebbene tali analisi risultino molto più complicate a causa della grande incertezza sulle riserve petrolifere di molti stati (in particolare mediorientali), la maggior parte delle analisi fa cadere il "picco di Hubbert mondiale" all'incirca nel secondo decennio del XXI secolo o, più precisamente, tra il 2006 e, al più tardi, il 2020, anche in previsioni di eventuali crisi economiche e/o guerre che potrebbero temporaneamente ridurre o comunque variare la richiesta di petrolio.

Lecture

A safe operating for humanity. Rockström J. e altri, in «Nature», Vol. 461, pp. 472-475, 24 settembre 2009.

Commentaries: planetary boundaries. In «Nature Reports Climate Change», Vol 3, pp 112-119, ottobre 2009. http://blogs.nature.com/climatefeedback/2009/09/planetary_boundaries.html

Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Rockström J. e altri, in «Ecology and Society», Vol. 14, n. 2, articolo 32, 2009. www.stockholmresilience.org/palnetary-boundaries



Sviluppo sostenibile | Limiti per un pianeta sano | Soluzioni per le sfide ambientali





PRODUZIONE E AMBIENTE: PERFETTA SINTONIA?

Come gli effetti della produzione e della trasformazione agiscono sull'ambiente e sull'equilibrio territoriale



ECOSISTEMA E AGROECOSISTEMA
IL BILANCIO ENERGETICO DEGLI ECOSISTEMI
LA SELEZIONE DELLE PIANTE COLTIVATE
ECOSISTEMA AGRICOLO E IMPATTO AMBIENTALE
LA MECCANIZZAZIONE
I FERTILIZZANTI
I PESTICIDI
IL CASO DEL FENOXYCARB
I RISCHI PER LA SALUTE
ALLEVAMENTI SENZA TERRA
LA VIA DELL'AGRICOLTURA SOSTENIBILE
LE BIOFABBRICHE
LA LOTTA GUIDATA
STRATEGIE E TATTICHE DELLA LOTTA BIOLOGICA
LA ZOOSEMIOTICA PER LA DIFESA DELLE PIANTE
LE PIANTE TRANSGENICHE
PRODURRE MEGLIO PER ALIMENTARSI MEGLIO

UNO SGUARDO AL NOSTRO TERRITORIO: prima della 2°
guerra mondiale
UNO SGUARDO AL NOSTRO TERRITORIO: dopo la 2°
guerra mondiale
I PERCORSI DIDATTICI

TORNA A: PUO' ESSERE L'AGRICOLTURA SOSTENIBILE?





La teoria degli ecosistemi ci consente di pensare il campo coltivato come un ecosistema particolare, l'agroecosistema o ager, come meglio si preferisce. La principale differenza tra ecosistema e agroecosistema consiste nella complessità: l'[ecosistema naturale](#) è complesso, l'agroecosistema è semplice. Difatti, quando una porzione di territorio viene destinata a uso agricolo il fenomeno più evidente è il passaggio da una comunità ricca di specie faunistiche e floristiche a una nuova struttura ecologica rudemente semplificata.



Si assiste alla sostituzione di una [fito-biocenosi](#), formata da più specie, con un'altra (che chiamiamo [agro-biocenosi](#)), in cui l'uomo privilegia una sola pianta e combatte le poche che, presenti nell'ecosistema naturale precedente, si sono mostrate capaci di sopravvivere nell'ager; per questo sono perseguitate con tutti i mezzi, dalla zappa primordiale di selce alla molecola di sintesi. Fatalmente, la semplificazione floristica comporta un effetto catastrofe anche sull'insieme faunistico dell'ecosistema d'origine; questa costellazione di animali subisce una semplificazione parallela a quella botanica, anche se meno spinta. Le conseguenze sono facilmente intuibili: la rarefazione rende vacanti moltissime nicchie ecologiche che vengono ben presto colmate da specie attrezzate a sopportare i disagi della nuova congiuntura ambientale. In altre parole, pochi insetti vegetariani "specializzati", abituati a vivere e prosperare sulla pianta coltivata, si trovano in condizioni di grande disponibilità di cibo e popolano tutti gli "spazi vuoti" conseguendo ben presto alti picchi di densità.

L'economia della natura, nell'ordine della quale l'insetto mangia la pianta, ma è mangiato da un predatore, è sovvertita dall'economia dell'uomo, che interferisce mediante l'agricoltura nei processi ecologici, e che dà origine a quella sorta di chimera che è per l'appunto, l'agroecosistema.





Destinazione produttiva	Pianta	Tabella
	Piante erbacee	Tabella Fitocenosi delle piante erbacee e delle piante arboree classificate a seconda della destinazione produttiva.
Piante cerealicole	Frumento, Mais, Avena, Orzo, Riso	
Piante ortive	Pomodoro, Insalata, Zucchina, Cipolla, Peperone, Melanzana, Cavolo, Patata, Cocomero	
Piante foraggere	Erba medica, Trifoglio, Sulla	
Piante industriali	Barbabietola, Tabacco	
Piante oleaginose	Girasole, Soia, Colza	
	Piante arboree	
Piante da frutto	Pero, Melo, Pesco, Susino, Ciliegio, Vite, Arancio, Limone	
Piante da olio	Olivo	
Piante per altri utilizzi	Pioppo, Quercia da sughero	

Il biotopo dell'agroecosistema è rappresentato dal suolo coltivato che deriva al suolo naturale in seguito all'intervento umano. Come viene spiegato nelle pagine relative al [suolo](#), il terreno naturale si forma ad opera dei fattori pedogenetici: l'elemento fondamentale del terreno agrario è invece rappresentato dall'uomo che, con i suoi interventi, lo ha reso adatto alle coltivazioni.

Nel terreno agrario si riconoscono due strati:

- lo strato più superficiale (topsoil) è la porzione adatta alla coltivazione. Su tale strato l'uomo opera cambiamenti mediante lavorazioni, concimazioni, irrigazioni e diserbi. Qui si sviluppano le radici delle piante che assorbono acqua e sali minerali dal terreno;
- lo strato più profondo (sub soil). Esso è raggiungibile solo da piante dotate di radici molto allungate in profondità, ma l'uomo spesso lo porta in superficie mediante lavorazioni profonde e

operazioni di scasso. Poiché questo è poco fertile, occorre intervenire con opportune fertilizzazioni.

La fertilità di un terreno agrario è collegata ad un insieme di elementi fisici, chimici e biologici, il cui equilibrio è generalmente molto fragile e bastano interventi non corretti o incuria per compromettere anche per molti decenni e a volte per sempre la fertilità di una zona.

Le biocenosi di un agro-acosistema sono organizzate in modo semplice, sia nelle loro *seriazioni verticali*, che nelle sequenze orizzontali: molto spesso si riconosce un *primo strato* individuato dalla pianta coltivata ed un eventuale *secondo strato* che può essere costituito dalle popolazioni di erbe infestanti. Queste possono, a seconda del tipo di coltura o del periodo di sviluppo, sovrastare in altezza temporaneamente la coltura, oppure, più comunemente ritrovarsi su un livello inferiore. Si può notare che spesso le piante coltivate sono coetanee e anche la *disposizione orizzontale* è molto semplice, con una distribuzione in file parallele, il più possibile rettilinee per ottenere uno sfruttamento ottimale della luce e del suolo. E' inoltre prevista la possibilità di transito con macchine agricole per eseguire i vari trattamenti e il controllo del deflusso delle acque durante l'irrigazione. Lo sfruttamento regolare dello spazio è tipico delle colture arboree come pioppeti o frutteti e delle colture erbacee a ciclo breve come i cereali. Quando invece le colture durano più anni e sono caratterizzate dalla presenza di più specie, come nei *prati polifti*, allora sono le stesse entità a raggiungere, attraverso l'instaurarsi di relazioni inter e intraspecifiche, equilibri abbastanza stabili con variazioni stagionali che si ripetono di anno in anno.

Com'è noto l'uomo utilizza per scopi agricoli meno dello 0,1% di tutte le specie viventi e tra questa solo una ventina per scopi alimentari. Distinguiamo quindi *fitocenosi delle piante erbacee* e *fitocenosi delle piante arboree*.; nella [Tabella](#) vengono indicate le principali fitocenosi erbacee, classificate a seconda della loro distribuzione produttiva, e le principali fitocenosi arboree. Le specie impiegate sia per l'agricoltura che per l'allevamento sono, come già detto, il risultato di selezioni genetiche che ne privilegiano la resistenza o la produttività a scapito della rusticità. Questo implica anche la necessità di continue cure e trattamenti senza i quali non sarebbe possibile ottenere il profitto sperato.

Oltre che le piante agrarie, le biocenosi dell'agroecosistema comprendono gli animali da allevamento, tutte le comunità florifaunistiche spontanee e numerosi microorganismi ([V. Schema](#)). Gli interventi dell'uomo hanno lo scopo di eliminare erbe infestanti, i

parassiti e i consumatori, in quanto l'agricoltura si comporta da consumatore primario esclusivo.

Con l'azione di selezione artificiale dei cultivar e di lotta agli altri componenti dell'agroecosistema, viene ridotta la variabilità genetica della specie e quindi la biodiversità. Questo processo è grave e spesso irreversibile; basterà un solo esempio, quello del frumento, di cui molte specie rustiche autoctone sono scomparse o sono in via di estinzione perché sostituite da altre più adatte all'agricoltura intensiva (*Triticum monococcum*, *dicoccum* e *spelta*). Le conseguenze di questa semplificazione genetica portano a un degrado dei sistemi biologici.

Attualmente per evitare la perdita di biodiversità si attuano interventi di *conservazione dei semi* o in genere del *germoplasma* (cioè di una parte dell'organismo capace di riprodurre individui con le stesse caratteristiche di quello di partenza) in apposite strutture dette banche. In altri casi si ricorre alla conservazione dell'habitat naturale per mezzo di aree protette, parchi e riserve.

La semplificazione dei rapporti fra biotopo e biocenosi, poi, può portare ad aumenti sconsiderati delle specie fitofaghe, dovuti anche alla scomparsa dei loro predatori naturali. L'interruzione parziale o totale di tutte le catene alimentari e l'asportazione attuata dall'uomo di gran parte del prodotto, provoca anche l'interruzione parziale o totale dei ciclo biogeochimici per cui è ancora l'uomo che deve reintrodurre, attraverso concimazioni abbondanti e bilanciate e con impiego di energia, elementi fondamentali quali l'azoto, il fosforo, il potassio e lo zolfo.





L'agroecosistema non somiglia per nulla a un ecosistema naturale maturo, ma a un ecosistema naturale giovane. Confrontiamo, difatti, le varie produzioni nette. Se l'ecosistema è maturo, la sua produzione netta tenderà a zero: tutto quello che viene prodotto viene consumato, ed è questa l'espressione energetica del punto di arrivo di una successione ecologica, uno stadio che non prevede cambiamenti. Nel caso dell'ecosistema giovane, la faccenda è diversa, e la produzione netta è sempre superiore a zero. Questo "plusvalore" è legato alla sua immaturità e costituisce, in un certo senso, il carburante che consente all'ecosistema di invecchiare. Si intuisce subito la somiglianza con quel che accade nel campo coltivato.

Quando l'uomo del Neolitico, superata l'economia di sussistenza, ha cominciato a farsi che la biomassa prodotta in eccedenza venisse trasferita altrove, per dar pane ai cittadini di Gerico, o di Atene, che non facevano i contadini, la produzione netta ha iniziato a salire sempre più al di sopra dello zero. In altre parole, la pratica dell'agricoltura, vista in chiave ecologica, consiste in una operazione di "ringiovanimento" degli ecosistemi naturali, e nel loro mantenimento in condizioni di perpetua "immaturità".



Mentre la natura tende a far evolvere verso la complessità gli ecosistemi, l'uomo devia l'ager - che tenderebbe alla maturità del "tutto consumo"- per convertirlo a un costante incremento "in più" della produzione. Tuttavia, se il campo coltivato presenta una certa somiglianza con un ecosistema naturale immaturo, le differenze sono però notevoli. Intanto, l'ecosistema naturale giovane è popolato da organismi detti pionieri, che sono resistenti alle avversità climatiche e biotiche. Inoltre, queste specie presentano ottime capacità riproduttive e una certa tendenza all'avvicendamento fino a raggiungere lo stadio di equilibrio dinamico, che viene detto comunità climax. Proprio il contrario di quello che accade nell'ager.



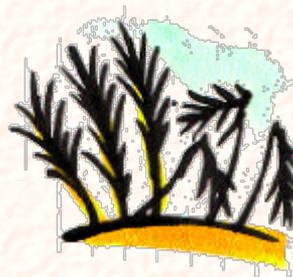


Fin dagli inizi, l'agricoltore ha cominciato a sottrarre le sue piante preferite alla pressione della selezione naturale, innescando il processo di un loro progressivo "indebolimento" e di una loro "dipendenza" dall'uomo. Si consideri un solo caso come esemplare, quello del frumento. Il frumento diploide, *Triticum monococcum*, è una specie coltivata che deriva da *Triticum boeoticum*, una graminacea spontanea. La differenza tra i due consiste nel fatto che il rachide dell'erbaccia, a maturazione delle cariossidi si disgrega disperdendo sul suolo circostante le spighe. La cosa rende possibile la sopravvivenza, e la diffusione della pianta, ma non agevola di certo la raccolta da parte dell'uomo.

Nel *Triticum monococcum*, al contrario, il rachide tende a restare integro e questo carattere lo ritroviamo ancora oggi, come variante genetica di *Triticum boeoticum*. Non è difficile immaginare che cosa sia successo: scoperta questa solidità rachidea e compresa subito l'importanza del carattere per le operazioni di mietitura e di trebbiatura (**maturazione ritardata significa frutti e semi più grandi**), è cominciata l'età dei mutanti botanici preferiti. Sostituendo, così, la selezione naturale con la selezione artificiale, si è ottenuto un grano più adatto a venir coltivato, ma, per converso, più inadatto a sopravvivere senza l'uomo. Se l'uomo non lo riseminasse, il grano non sarebbe più capace di riprodursi. Le piante coltivate si sono ammalate d'uomo, e sono diventate creature non solo naturali, ma anche culturali.

Per citare ancora il caso del frumento, *Triticum aestivum*, il grano tenero ha dato origine a più di ventimila varietà, adatte agli ambienti più diversi, ma tutte sicuramente meno resistenti delle graminacee spontanee, al punto che il raccolto mondiale di frumento è sempre più a rischio: i miglioratori vegetali hanno spesso puntato solo sugli incrementi produttivi, scordando il contesto agroecologico di fondo. Per esempio, un grano più basso si allatta meno facilmente e dunque sembra, dal punto di vista della produzione, preferibile. Selezionato, e messo a coltura, si scopre che la sua statura ridotta non gli consente di competere bene con le erbacce e si deve trattare il campo con molecole di sintesi a effetto erbicida. Il bilancio, a questo punto, è ancora positivo? I vantaggi produttivi sono ancora maggiori del costo degli interventi e dei danni ambientali conseguenti?

La selezione spinta comporta come danno ulteriore una perdita di variabilità genetica. Se una popolazione è geneticamente uniforme, un'emergenza sfavorevole evocherà una risposta molto simile in tutti gli individui che la compongono; per esempio, si ammaleranno in massa come è avvenuto verso la metà del secolo scorso quando le coltivazioni di patate dell'Irlanda vennero colpite da un'avversità crittogamica, la peronospora (*Phytophthora infestans*). La produzione, nel giro di due anni, si azzerò quasi del tutto e circa un milione di contadini morì di fame. Si suppone che questa apocalisse fitopatologica fosse stata determinata dal fatto che tutte le patate irlandesi derivavano da una sola varietà di origine caraibica.



Negli anni Sessanta, negli Stati Uniti, la cultivar più diffusa tra i cosiddetti "mais ibridi", che hanno consentito il conseguimento di rese produttive spettacolari, cominciò ad ammalarsi di [elmintosporiosi](#). Il gene della resistenza alla malattia era stato spazzato via durante il lavoro di selezione della varietà e se ne pagavano così le conseguenze. Nel 1970, la produzione di mais scese del 15% e si rimediò all'emergenza solo reintroducendo il gene eroso, pescato da una varietà resistente. E se quel gene fosse andato definitivamente perduto?





Gli ecosistemi agricoli possono differire fortemente l'uno dall'altro in funzione del clima, del terreno e delle scelte agronomiche. Fra di essi si possono individuare due gruppi, quello dell'[agricoltura del passato](#) (oggi detta agricoltura biologica o biodinamica) e quello della moderna agricoltura industrializzata (detta agricoltura convenzionale).

Cinquant'anni fa l'azienda agraria era quasi un sistema chiuso: gran parte della biomassa-prodotto veniva consumata al suo interno, i residui colturali ritornavano al terreno come letame, la policoltura era dominante, nell'avvicendamento era presente la leguminosa pratense, gli input chimici ed energetici erano assai modesti.

Nell'ecosistema agricolo [industrializzato](#) il ciclo si è molto allargato e complicato: la biomassa prodotta sull'unità di superficie è spesso molto elevata ed esce in grande percentuale dall'azienda, le produzioni animale e quelle vegetali sono assai meno interdipendenti e sono spesso separate, i centri di consumo del prodotto agrario utile sono al di fuori dell'azienda, i rifiuti degli insediamenti civili contengono inquinanti che ne rendono difficile e talvolta impossibile il reimpiego in agricoltura, i liquami di stalla possono essere indisponibili oppure disponibili in quantità troppo elevata, la sostanza organica del terreno tende a stabilizzarsi su valori sub-ottimali, gli input chimici sono elevati e possono creare inquinamenti esterni all'area in coltura.

I cambiamenti più critici per gli effetti sulla salute dell'uomo e sull'ambiente sono rappresentati dall'uso esteso dei [fertilizzanti chimici](#), dei [pesticidi e di diserbanti](#) per proteggere le colture, dallo sviluppo degli [allevamenti intensivi](#) di tipo industriale.





LA MECCANIZZAZIONE



Dagli anni Quaranta in poi del XX secolo, il ricorso ai congegni meccanici in agricoltura è entrato in una fase calda; in Italia dal 1965 al 1984, il parco macchine si è più che raddoppiato nel caso dei trattori e quadruplicato nel caso delle mietitrebbie. Dal punto di vista ecologico, la meccanizzazione incentiva la tendenza all'estensione delle aree occupate dalla stessa coltura. Difatti, per funzionare, e per riuscire economica, la macchina deve lavorare su spazi molto ampi, e se la semplificazione è una delle caratteristiche del campo coltivato, la monocoltura generalizzata per decine e decine di ettari porta la semplificazione all'estremo, offrendo agli organismi dannosi una concentrazione mastodontica di cibo.



Tra l'altro, l'impiego della chimica si ingigantisce a misura dell'amplificazione colturale rendendo esponenziali le ripercussioni nocive e gli inquinamenti dell'ambiente e delle falde: si pensi al caso dell'Atrazina che, alcuni anni fa, si scoprì che contaminava le acque di falda in vaste aree della Pianura Padana. La monocoltura estesa presenta inoltre come corollario l'abbandono di antiche pratiche tradizionali, in particolare delle rotazioni. Insistendo sullo stesso terreno si favoriscono, così, gli organismi dannosi infeudati alle piante.

Ancora, la macchina, per manovrare, non deve trovare ostacoli e la sua introduzione presuppone un **impoverimento del paesaggio**: si abbattono i **filari frangivento** e le siepi. Questi spiantamenti non restano senza conseguenze: aumenta l'erosione del suolo e si pongono le premesse per la scomparsa di tutti quegli organismi - spesso utili in quanto entomofagi o impollinatori - che trovavano in questa vegetazione "improduttiva" un rifugio per proliferare o un luogo dove salvarsi dagli interventi diretti dei pesticidi. Lo studio delle interazioni tra le specie animali e vegetali e il campo coltivato (agroecologia) ha portato a rivalutare la funzione delle **siepi**, che possono costituire importanti "serbatoi" di acari e insetti utili,

soprattutto se sono sufficientemente sviluppate e circondate da una fascia di erbe spontanee. Quando le piante coltivate verranno infestate, diverse specie utili potranno compiere il breve tragitto che le separa dal campo, per iniziare a nutrirsi delle specie dannose. Vediamo un paio di esempi.

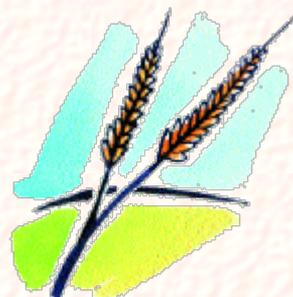
ANTHOCORIS NEMORALIS

Si tratta di un Rincote Antocoride che i frutticoltori conoscono molto bene, dato che è il principale predatore della psilla del pero *Cacopsylla pyri*. Se non si usano insetticidi tossici, l'Antocoride mantiene a livelli non dannosi la psilla per tutto l'anno, senza che siano necessari interventi chimici. Si è visto che l'Antocoride può vivere anche su alberi diversi dal pero; uno di questi è l'albero di Giuda, *Cercis siliquastrum*, dove il predatore depone le uova nutrendosi della specie non dannosa di *Cacopsylla pulchella*. Gli adulti che sfarfallano in prossimità dell'estate, non trovando più prede sull'albero di Giuda, volano alla ricerca di altre psille sulle piante di pero. E così via. Dunque, per popolare l'agroecosistema di *Anthocoris nemoralis*, si possono percorrere due strade:

- a) allestire un costoso allevamento in biofabbrica,
- b) impiantare una siepe di albero di Giuda per disporre, gratuitamente, di Antocoridi tutti gli anni al momento giusto.

Le "migrazioni" delle coccinelle

Gli afidi costituiscono uno dei problemi maggiori per la difesa delle piante coltivate. Tra i loro principali nemici naturali vanno annoverate le coccinelle che sono in grado di spazzare via rapidamente infestazioni elevatissime. Per molto tempo, però, "l'arrivo" delle coccinelle è apparso quasi imprevedibile; si sapeva che erano abbondanti in certi periodi dell'anno, ma non si sapeva bene quali fattori ne favorissero la proliferazione e, soprattutto, se fosse possibile, in qualche modo, programmare il loro arrivo sulla coltura infestata. L'agroecologia fornisce qualche strumento per capirne di più.



Innanzitutto va detto che il periodo critico per le coccinelle è l'inverno: gli adulti cercano siepi, alberi cavi, anfratti fra le rocce e i muri per trascorrere i mesi più freddi. Col tepore della primavera, le coccinelle escono, affamate, dai rifugi e volano a caccia di afidi. Ma, in marzo-aprile, gli afidi sono ancora pochi, e su tante piante coltivate non se ne vede ancora traccia. Tuttavia, ci sono colture che ospitano infestazioni di afidi apprezzabili e, soprattutto, in fase di rapida crescita: sono i cereali vernini, come il frumento. Così, molte specie

di coccinelle vengono attratte dal frumento, sia tenero che duro, dove si riproducono, dando vita alla prima generazione e, in genere, sono in grado di ridurre le infestazioni al di sotto della soglia di danno. Le nuove coccinelle adulte cominciano a disperdersi dai campi di frumento all'avvicinarsi della mietitura, per dirigersi verso tutte quelle piante che, nel frattempo, si sono fortemente infestate di afidi.

Lo studio degli spostamenti delle coccinelle all'interno dell'agroecosistema ha già prodotto una ricaduta pratica molto interessante per i produttori di cocomeri e meloni. Queste Cucurbitacee sono infestate da un afide, *Aphis gossypii*, resistente a quasi tutti i principi attivi. Tuttavia, è stato osservato che, se si limitano le infestazioni precoci (fine maggio-inizio giugno) con insetticidi a breve persistenza, si dà il tempo alle coccinelle di colonizzare in gran numero i campi infestati, già a partire dalla metà di giugno. Da quel momento, non servirà più alcun trattamento: ci penseranno questi formidabili predatori fino alla fine del ciclo colturale.





I **concimi** sono i fertilizzanti di gran lunga più impiegati in agricoltura: ad essi gli agrosistemi sono debitori della superiorità produttiva rispetto agli ecosistemi naturali. Mentre però fino a mezzo secolo fa la concimazione organica era prevalente, l'affermarsi dell'agricoltura industrializzata ha via via privilegiato l'impiego di concimi chimici di origine minerale o sintetica.

I due elementi più importanti per la concimazione, l'**azoto** e il **fosforo**, sono anche i più rilevanti per i rapporti fra agricoltura e ambiente. Va subito detto che, ai fini della produttività, l'origine minerale od organica dei diversi elementi non è rilevante. La preferenza verso i concimi minerali è stata motivata da un complesso di ragioni: azione pronta e consistente, facile reperibilità e distribuzione, costo relativamente modesto dell'unità fertilizzante, diminuita disponibilità di letame all'interno delle piccole aziende, accresciuta asportazione di biomassa e di elementi nutritivi, semplificazione degli avvicendamenti spesso privi di leguminose e così via. I risultati ottenuti sono stati spesso entusiasmanti sotto l'aspetto produttivo ed hanno favorito l'impiego di dosi molto elevate, talora ingiustificatamente superiori a quelle tecnicamente ottimali. L'aumento delle dosi, e la conseguente minore efficienza della concimazione hanno creato talora alcuni inconvenienti:

- ingiustificato accumulo nel terreno
- inquinamento delle acque per uso potabile;
- presenza di nitrati e nitriti in alcuni prodotti agrari;
- immissioni di ossidi di azoto e di ammoniaca nell'atmosfera.

Un altro argomento che interessa la fertilizzazione è quello dei LIQUAMI DI STALLA.

Com'è noto, soprattutto per i bovini e i suini, le stalle moderne presentano spesso una notevole concentrazione di capi. Molto spesso i grossi allevamenti producono quantità eccessive di liquami rispetto alle capacità recettive tecnicamente ottimali dei terreni delle aziende che li ospitano; tutto ciò comporta talora abusi nell'impiego di questi prodotti e problemi di vario tipo: inquinamento dell'acqua e dell'aria, accumuli di rame e zinco nel terreno, effetti negativi sulla fertilità.

Anche la POLLINA FRESCA prodotta dai grandi allevamenti di pollame presenta problemi analoghi.





I PESTICIDI



I pesticidi sono molecole organiche di sintesi entrate nell'uso agricolo a metà degli anni Quaranta e il loro impiego è andato crescendo con il tempo. Questi composti hanno per lo più azione insetticida, anticrittogamica, erbicida. Insomma, servono, nell'ordine, per uccidere gli insetti dannosi, per debellare i funghi parassiti o per liquidare le erbe infestanti.

I mezzi di lotta (siano essi preventivi o curativi) sono di vario tipo, tuttavia, nell'agricoltura moderna la lotta antiparassitaria, come quella contro le malerbe, viene prevalentemente condotta con mezzi chimici il cui impiego ha raggiunto talora livelli tali da destare preoccupazioni sia per l'ambiente che per la salute pubblica.

Occorre anche sottolineare che l'ambiente ha la capacità di "aggreire" i prodotti chimici distribuiti cercando in parte di inattivarli.

Da un rapporto di alcuni anni fa, risulta che negli Stati Uniti la produzione annua di molecole organiche di sintesi è aumentata di ben quindici volte dal 1945 al 1985, e in quell'anno ogni ettaro di terra coltivata in Usa aveva ricevuto circa tre chilogrammi di pesticidi. La proporzione è simile nel nostro Paese, ma ci si ricordi che se in certi luoghi, e per certe colture, non si ricorre ai pesticidi, in altri casi gli interventi sono pesanti. Un esempio tipico è quello del riso, oppure quello della conservazione del grano.

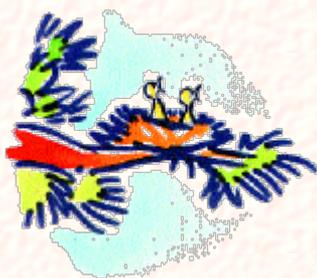
Ma vediamo un pò di approfondire il rapporto tra ambiente - agricoltura - pesticidi.

Sul melo i pesticidi impiegati annualmente per ettaro possono superare i 160 chilogrammi e, in talune serre di fiori, si raggiunge il quantitativo incredibile di una tonnellata per ettaro coltivato! I danni conseguenti a questa massiccia immissione di veleni nell'ambiente sono di ordine diverso. Dal punto di vista dell'agroecosistema, gli insetticidi uccidono con le specie dannose alle colture anche i loro nemici naturali, favorendo la ripresa demografica dell'insetto infestante.



Questo significa che l'agricoltore innesca una spirale di "tossico-dipendenza" del suo ager: scelta la via dell'omeostasi mediante un tampone chimico, il gestore del campo coltivato dovrà proseguire su questa strada, aumentando il numero degli interventi e le dosi dei

principi attivi. Inoltre la pressione chimica sulle specie dannose seleziona ceppi provvisti di un maggior corredo di enzimi detossificanti, promuovendo la comparsa di popolazioni resistenti. Ma l'impatto dei pesticidi sul campo coltivato non riguarda soltanto gli insetti entomofagi; anche gli impollinatori vengono sistematicamente liquidati con grave danno sulla produzione agricola.



Gli effetti nocivi, poi, non si limitano a coinvolgere le popolazioni di invertebrati, si estendono a tutto il complesso faunistico della biocenosi, e finiscono per amplificarsi fuori dal campo coltivato, per toccare l'ambiente in generale: "tutto va dappertutto" e molecole stabili come il DDT partono dai campi coltivati e si ritrovano nel grasso degli orsi bianchi nell'Artico o dei pinguini al Polo Sud. Il DDT (diclorodifeniltricloroetano) - sintetizzato fin dal 1874 dal professor Zeidler di Strasburgo e riscoperto nel 1939 dal chimico Paul Müller nei laboratori della Geigy di Basilea - dimostrò subito di essere una molecola delle meraviglie. Al suo contatto gli insetti morivano in breve tempo, manifestando la tipica sindrome di un "avvelenamento nervoso".

La tossicologia del DDT era destinata a restare per anni controversa; oggi si dà quasi per certo che funziona in maniera simile ai piretroidi, tenendo "aperti" i canali del sodio e depolarizzando la membrana della fibra nervosa. Molte di quelle che Müller giudicò virtù del DDT, si sono rovesciate di fronte al nuovo sapere ecologico, in altrettanti vizi ambientali. Cominciamo dalla [persistenza della molecola](#). Müller accertò che il composto, spruzzato su di un muro, conservava per diversi mesi le proprietà insetticide verso gli insetti che su quel muro si posavano. Dunque, si compiacque il chimico, questa sua stabilità poteva consentire di diminuire il numero degli interventi. Inoltre, l'[ampio spettro d'azione](#) della molecola - erano ben poche le specie di insetti insensibili - la trasformava in una vera e propria panacea universale. Ancora, l'imponente tossicità per contatto era dovuta alla proprietà di essere [fortemente solubile nei grassi](#). Per questo superava facilmente la cuticola che ricopre il corpo degli insetti, in cui lo strato più importante è composto per l'appunto di lipidi. Ma con il passare degli anni tutto era destinato a cambiare. Difatti, la lunga

persistenza ha comportato un accumulo del DDT, e dei suoi metaboliti, nell'ambiente; ma non solo: l'associazione con la liposolubilità ha esteso questo deposito al tessuto adiposo degli animali e dell'uomo. La contaminazione ha finito per interessare tutto il pianeta.

Agli inizi degli anni Settanta alcune volpi uccise sulle rive nordoccidentali della Groenlandia mostravano nel grasso notevoli quantità non solo di DDT, ma di Lindano, di Eptacloro e di Aldrina, altri cloroderivati organici di sintesi. Ma è soprattutto dove il DDT viene prodotto che l'ecosistema si deteriora in maniera, per certi versi, irreversibile. Un esempio: in Alabama, un'industria produsse DDT dall'avvento dell'insetticida fino al 1970, quando fu costretta a chiudere i battenti. Una decina di anni dopo, erano ancora riscontrabili nei sedimenti e negli animali acquatici elevate concentrazioni della molecola e dei suoi metaboliti.

Ma il DDT ci ha riservato altre sorprese: [la stabilità e la liposolubilità ne permettono un accumulo progressivo negli organismi, lungo le catene trofiche](#). In altre parole, il bilancio entrata/uscita della molecola in un essere vivente è a favore dell'entrata, perché il composto tende a depositarsi nel tessuto adiposo. Si manifesta così un fenomeno noto come [bioaccumulo](#), e quel che è successo nel Clear Lake risulta, in merito, davvero paradigmatico. Per combattere le larve di un dittero fastidioso, il lago californiano venne trattato con DDD, un fratello siamese del DDT. Le acque risultarono contaminate in misura di 0,014 ppm, ma nel plancton tale dotazione salì ben presto a 5 ppm. I pesci che si nutrono di questi piccoli organismi alzarono il tasso della molecola nei loro corpi, portandolo a 7-9 ppm, e i pesci predatori a 211 ppm!

Gli uccelli ittiofagi del Clear Lake morirono, o diventarono sterili: nei loro tessuti adiposi si trovarono 2500 ppm del cloroderivato! Gli uccelli sono stati particolarmente danneggiati dal DDT anche attraverso altri effetti imprevedibili. Il falco pellegrino e altri rapaci tendevano a sparire da alcuni luoghi, e gli ornitologi avevano potuto accertare che la rarefazione era dovuta al fatto che i gusci delle uova erano più sottili di un quinto del normale, e tendevano a rompersi durante la cova.

La diminuzione progressiva delle nascite portava le specie interessate a rischio di estinzione. Da esperienze di laboratorio si scoprì presto che erano i cloroderivati, DDT e Dieldrina che, ingeriti

dalla femmina con il cibo, ne disestavano il sistema enzimatico, interferendo nella deposizione del calcio. Da un punto di vista più generale la persistenza del DDT, e il suo ampio spettro d'azione, hanno fatto di lui un terribile semplificatore degli ecosistemi, anche se gli insetti, dal canto loro, hanno messo in atto, fin da principio, contromisure di sopravvivenza.

Nelle popolazioni di specie dannose esistono individui detentori di un appannaggio superiore di enzimi detossificanti, capaci di degradare il DDT in DDE; ergo, la popolazione sensibile d'origine viene presto sostituita da una popolazione resistente. Il DDT è stata la prima molecola di sintesi che ha reso evidente, verso la fine degli anni Quaranta, gli effetti di questa selezione chimica.

È stato merito dello storico libro della biologa americana Rachel Carson, [Primavera silenziosa](#), del 1962, se si è acquistata coscienza, da parte non solo degli addetti ai lavori, ma dell'uomo della strada, dei pericoli connessi all'immissione sconsiderata e massiccia di tante molecole di sintesi nella biosfera. Il DDT, trasformato da benefattore dell'umanità in subdolo untore, venne, a furor di popolo, sottratto all'uso agricolo in molti Paesi. In un certo senso, il DDT ci dà la misura di quanto siano cresciute negli ultimi decenni, grazie anche a esso, le nostre conoscenze ecologiche. Per cominciare, abbiamo imparato che un agente chimico è tanto più dannoso quanto più la sua molecola è stabile e i suoi bersagli in natura sono numerosi e condivisi tra gli organismi. Dal momento che gli ecosistemi sono a un tempo autonomi e interconnessi, i composti scarsamente biodegradabili tendono ad accumularsi e a espandersi, crescendo in loco, e conquistandosi l'ubiquità planetaria.



I mezzi di lotta:

1. **Fisico e agronomico**(sarchiatura,irrigazione,pacciamatura sterilizzazione a caldo, pirodiserbo , ecc.);
2. **biologico**(coltivazione di specie molto competitive o resistenti, diffusione di parassiti delle erbe infestanti e degli insetti):
3. **chimico**(trattamenti con diserbanti,funghicidi,insetticidi,ecc);.



IL CASO DEL FENOXYCARB



Al DDT seguirono altri insetticidi di altre famiglie chimiche e si può dire che, fino ai primi anni Ottanta, l'industria ha continuato a sfornare tutti gli anni molti nuovi principi attivi che, bene o male, andavano a rimpiazzare quelli che erano diventati inefficaci o che venivano banditi a causa dei danni che procuravano all'ambiente o alla salute umana. Da allora, salvo qualche eccezione, le "novità" sono state sempre meno e, come nel caso del fenoxycarb, si ha ragione di vedere addirittura un peggioramento rispetto al passato.

Il **fenoxycarb** (nome commerciale Insegar) è un insetticida mimetico dell'ormone giovanile degli insetti accusato di produrre una vasta contaminazione ambientale. Il giallo inizia nel 1989. Gli allevamenti di baco da seta del Nord Italia vengono distrutti: le larve, giunte a maturità, non filano più il bozzolo, ma continuano a mangiare foglie di gelso fino a cadere in un'inspiegabile abulia e a lasciarsi morire, incapaci di compiere la metamorfosi. Vengono avanzate diverse ipotesi finché gli studiosi dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Torino, per primi, ne individuano la causa. I bachi sono stati alimentati con foglie di gelso contaminate da quantità infinitesimali di fenoxycarb, che sono state trasportate dall'aria, per deriva, da chilometri di distanza, a partire dai frutteti in cui era stato impiegato l'insetticida.

Trattandosi di un principio attivo che si comporta come un ormone, queste quantità infinitesimali, sfuggite dal campo coltivato, si sono rivelate sufficienti a sconvolgere il ciclo biologico dei bachi da seta. I bachi hanno funzionato come "**insetti-spia**" di un possibile effetto tossico a largo raggio, che forse interessa molte altre specie di insetti utili. Dopo alterne vicissitudini di messa al bando e riammissione da parte del Ministero della Sanità, si spera di essere vicini alla definitiva proibizione del fenoxycarb, così come ha già provveduto a fare il Giappone





I RISCHI PER LA SALUTE



La prima vittima umana è l'agricoltore che diffonde nel campo i pesticidi. Trascurando di parlare degli effetti a lunga scadenza, i casi di intossicazione acuta nel mondo fluttuano annualmente da 400.000 a due milioni tra gli addetti ai lavori, principalmente nei Paesi in via di sviluppo. Si ritiene che i decessi raggiungano quote che oscillano tra le 10.000 e le 40.000 persone all'anno. I danni per i consumatori, che ingeriscono giornalmente piccole quantità di pesticidi come residui nel cibo non si manifestano, salvo casi di incidenti, in forma di intossicazione acuta. Tuttavia, non pare proprio che i rischi siano da trascurare.

Alcuni scienziati stimano che negli Stati Uniti, come picco emergente delle ripercussioni dei pesticidi, si verificano tutti gli anni tra i consumatori 20.000 casi di cancro. Gli anticrittogamici fanno da protagonisti. D'altra parte, la **contaminazione ambientale** è ormai universale e subdola: alcuni anni fa, a Rimini, una équipe di analisti, tossicologi e pediatri ha riscontrato nel latte materno delle donne del circondario un quantitativo di cloroderivati sei volte superiore a quello consentito dalla legge per la commercializzazione del latte vaccino!



Siamo diventati consapevoli di quanto l'ambiente sia una struttura dinamica e metamorfica; non si può più contare sul fatto che un composto chimico sia più "sicuro" perché sparso a piccole dosi: gli organismi possono accumularlo, fino a renderlo molto pericoloso. Inoltre, qualsiasi test di laboratorio e di campo si faccia per valutare i possibili effetti nocivi dell'immissione di una molecola di sintesi nell'ambiente, qualcosa può sempre sfuggire: chi poteva prevedere l'azione del DDT sulle uova degli uccelli?

È stato principalmente il caso DDT che ha evocato, accanto all'ecologo di laboratorio, l'ecologista di assemblea. Ci si è resi conto dei pericoli di una scienza discussa solo dagli scienziati, sotto la cappa sterile della "segretezza". Il DDT è stato "bocciato", non tanto per opera degli addetti ai lavori quanto per l'intervento decisivo di quell'opinione pubblica che sta sempre più esigendo la "**democratizzazione della scienza**".





ALLEVAMENTI SENZA TERRA



Una delle conseguenze della rivoluzione verde degli ultimi 40 anni è stata la forte specializzazione delle aziende. Così si sono sviluppate le **monocolture** (aziende con solo riso o solo mais o solo frutteto, ecc.) e sull'altro fronte gli **allevamenti industriali sganciati cioè dalla fattoria, dalla terra**.

Rispetto al modello tradizionale di azienda cerealicola - zootecnica (rotazione dei terreni tra coltura di cereali e di prati, spesso a base di leguminose, per il bestiame allevato in azienda) si è rotto un equilibrio secolare che ha fatto impennare la produttività, ma ha compromesso l'ambiente. Perché?

Nelle aziende monoculturali è venuto a mancare il beneficio delle leguminose per la fertilità del terreno e l'apporto del concime organico prodotto dal bestiame: inevitabile il maggior ricorso ai concimi chimici, in particolare azotati con inquinamento delle acque.

Nei mega allevamenti industriali di pollame e suini (in minore misura di bovini) si è avuta la totale dipendenza dai mangimifici esterni per l'alimentazione del bestiame al posto di prodotti e sottoprodotti dell'azienda, ma soprattutto si sono creati grossi problemi per lo smaltimento delle feci e delle urine degli animali.

Grandi volumi di deiezioni che, data la concentrazione in spazi ristretti, sono andati spesso ad inquinare le acque superficiali, quelle profonde e, infine, i fiumi e il mare.

Gli effetti come quello dell'**eutrofizzazione** si sono dimostrati eclatanti.

Resterebbe poi da esaminare la qualità di queste produzioni di massa rispetto a quelle tradizionali. Da notare che l'allevamento "in batteria" facilita le malattie, quindi l'uso di medicinali (per esempio gli antibiotici), spesso, addirittura, a scopo preventivo, mentre, come è noto, i farmaci servono a scopo terapeutico, senza contare come ciò favorisca la selezione chimica di microrganismi resistenti.

Ma vi è un altro aspetto che merita di essere indagato e che si lega al buon utilizzo delle risorse "del pianeta", non di un singolo Paese (principio che dovrebbe presiedere alle decisioni di tutti e di ognuno, in quanto la risorsa "terra" va considerata un bene universale e ci sono ancora popolazioni intere nel Sud del Mondo che soffrono la fame). L'**allevamento intensivo** ha certamente avuto il merito di

abbassare il prezzo della carne, del latte, delle uova (e i consumi proteici in Europa e Nord America sono andati oltre i livelli raccomandati dai nutrizionisti), ma ha prodotto soprattutto nella CEE il **fenomeno delle eccedenze**.

In Paesi con poca terra e pochi abitanti come l'Olanda, il 50% dei prodotti zootecnici deve essere esportato. Ma il fenomeno si è verificato un po' ovunque (Francia, Germania, Inghilterra, Irlanda, ecc.). Quantità enormi di latte e carni invendibili. Che fare allora?

La politica della CEE garantisce il prezzo ai produttori, per cui i magazzini CEE devono ritirare quella carne, quel latte. La carne si può stoccare nei frigoriferi, ma il latte? Semplice: il latte viene scremato e disidratato (a proposito di energia, l'operazione consuma un litro di nafta per ogni litro di latte essiccato).

Ma il mercato del latte in polvere è piccolo, per cui viene venduto in perdita ai mangimifici come materia prima per nutrire vitelli e maiali.

Un caso emblematico, che diventa inquietante se riflettiamo a questi indici di conversione, espressi come Kilogrammi di cereali necessari per produrre negli allevamenti intensivi 1 kg di peso vivo dell'animale (dato medio del periodo di vita):

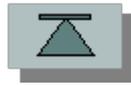
- bovini 7
- suini 4
- polli 2.5

Se poi si tiene presente che la resa al macello è 55% per i bovini, 80% per i suini e che dovremmo togliere ancora ossa e pelle, si ha un'idea di quanto orzo, grano, avena ecc. ci costa un kg di carne.

Il consumo pro-capite italiano di carni (di tutti i tipi) è passato dai livelli molto bassi di 19 kg nel 1953 agli attuali 80 kg.

L'importazione di carni e latticini pesa nella bilancia commerciale italiana per 8000 miliardi di vecchie lire l'anno!

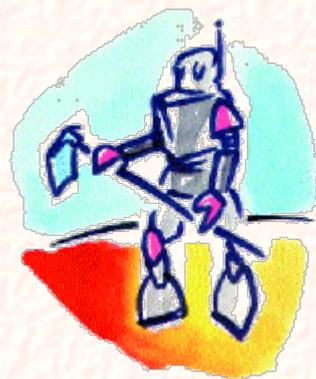
Un'ultima nota: è probabile che questa politica della CEE sia ormai da riformare, ed infatti nell'ultima riunione tenutasi all'inizio dell'estate del 2005 la polemica sulle sovvenzioni agricole innescata dalla Gran Bretagna ha fatto saltare completamente il vertice. Ora spetta al Capo del Governo Inglese presentare delle proposte ragionevoli durante il semestre di presidenza inglese.





L'ager industriale è diventato un ecosistema problematico e di difficilissima conduzione. Dal punto di vista dell'energia, l'agroecosistema dei Paesi industrializzati necessita, per produrre, di un grosso investimento energetico. Se agli inizi del nostro secolo ottenere 10 chilocalorie di cibo richiedeva una chilocaloria di energia, oggi la situazione si è rovesciata: una chilocaloria di cibo arriva talvolta a richiedere un apporto di 10 chilocalorie! La teoria degli ecosistemi applicata all'ager, trattato come un ecosistema particolare, ci può offrire degli importanti suggerimenti per superare l'impasse "agricoltura-ambiente"

In primo luogo sarà necessario tendere a [riconvertire la semplificazione del paesaggio agrario a una ragionevole complessità](#). La ricomparsa delle siepi, degli alberi frangivento, l'interruzione delle monoculture, o se si vuole l'interpolazione, con luoghi non coltivati, floristicamente ricchi, dovrà svolgersi in parallelo con la sostituzione delle macchine-dinosauro del XX secolo con le [macchine intelligenti](#) che ci promettono l'informatica e la robotica. Un'agricoltura che punti sulla qualità, oltre che sulla quantità, presuppone il ripristino di un'agronomia meno aggressiva, a un tempo informata e informatica. I chimici agrari dovranno calcolare con [maggiore precisione il bilancio dell'immissione e del consumo dei fertilizzanti](#), al fine di minimizzare la loro fuga nell'ambiente e di ottimizzare la produzione.



[Per i pesticidi la via di una possibile soluzione del problema è già stata imboccata](#). È necessario proscrivere gli abusi e sostituire le molecole di sintesi, tutte le volte che sia possibile, con mezzi ecologici: biologici, agronomici o biotecnologici. Il rispetto dei nemici naturali e l'introduzione, nel campo coltivato, di talune loro popolazioni allevate in insettari e in biofabbriche, sono pratiche che hanno il merito di promuovere la complessità, e di migliorare così l'omeostasi residuale dell'ager a nostro vantaggio. Sicuramente incrementare la complessità non significa fare collages: ogni caso va

preso in esame nei particolari, e considerato in maniera sistemica: un elemento è legato a tutti gli altri e concorre a determinare, in meglio o in peggio, il funzionamento dell'insieme. Conosciamo i meccanismi di base dell'ecosistema e con questi dobbiamo fare i conti se vogliamo riportare l'ager dal disordine all'ordine.





LE BIOFABBRICHE



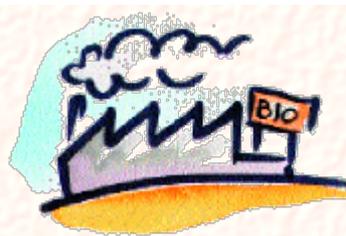
La prima biofabbrica di cui si ha notizia si chiamava *Limoneira Company* e iniziò l'attività nel 1916, a Santa Paula, California. Nel 1931, il numero delle biofabbriche era salito a 16 e producevano soprattutto insetti antagonisti delle cocciniglie degli agrumi, come la coccinella *Cryptolaemus montrouzieri*, ancora oggi allevata e lanciata con successo anche in Italia.

Nel Nord Europa, si ripensò alle biofabbriche, soprattutto finalizzate alla lotta biologica nelle serre. Infatti non è un caso che l'esigenza di recuperare biodiversità sia stata avvertita proprio dove la semplificazione raggiunge il suo culmine. Nelle serre, la copertura in vetro o plastica costituisce spesso una barriera fisica insormontabile per gli artropodi antagonisti delle specie dannose, per cui l'apporto della "lotta naturale" è limitato ai periodi più caldi, quando la serra viene arieggiata (poche settimane all'anno nel Nord Europa). Il riscaldamento, poi, accelera non solo lo sviluppo della pianta, ma anche quello dei suoi fitofagi. Inoltre, la necessità di raccogliere molto spesso i frutti non si concilia con il rispetto del "periodo di carenza" fissato per legge tra il trattamento chimico e la raccolta. Infine, dopo un trattamento, la serra si trasforma in una sorta di camera a gas per l'agricoltore che deve entrare per lavorarci. Ecco perché le biofabbriche sono state riscoperte per le colture in serra: proprio qui la lotta chimica stava evidenziando i suoi gravi limiti di efficacia e di compatibilità con una produzione salubre.

Alla fine degli anni Cinquanta venne scoperto un acaro, *Phytoseiulus persimilis*, predatore del ragnetto rosso delle serre, *Tetranychus urticae*, divenuto un vero flagello proprio per effetto della grande quantità di insetticidi impiegati. Si recuperarono poi alcune esperienze scientifiche anteguerra condotte con una piccola vespa, *Encarsia formosa*, capace di parassitizzare l'aleurodide delle serre, *Trialeurodes vaporariorum*. La specie utile era arrivata casualmente dall'America e, trovata in Inghilterra nel 1926, era stata allevata e diffusa in tutto il mondo prima della seconda guerra mondiale.

Le prime biofabbriche europee nascono in Inghilterra e Olanda alla fine degli anni Sessanta. Da allora, sono cresciute come numero di impianti produttivi (oggi in

Europa se ne contano 26), come numero di specie utili allevate (una trentina), come quantità, qualità e standardizzazione delle produzioni. Sul finire degli anni Ottanta, un fatto nuovo ha di molto ampliato il loro ruolo e le prospettive di mercato: l'allevamento e l'uso dei bombi (*Bombus terrestris*) per l'impollinazione di varie colture in serra, soprattutto del pomodoro.



La biofabbrica di Cesena, il [Biolab](#) della Centrale Ortofrutticola, è una delle tre strutture produttive operanti nel bacino del Mediterraneo. Nata con il sostegno della Regione Emilia-Romagna e dell'ENEA, con il supporto scientifico dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" dell'Università di Bologna, ha iniziato l'attività nel 1990, con alcuni ambiziosi obiettivi:

- allevare ceppi di specie utili particolarmente adatti alle particolari condizioni climatiche dell'areale mediterraneo;
- selezionare nuove specie utili per ampliare le possibilità di lotta biologica anche su colture in pieno campo, come le orticole e, soprattutto, gli agrumi;
- disporre di ausiliari di elevata qualità, evitando gli stress derivanti da lunghi trasporti;
- favorire la diffusione di queste tecniche innovative e rispettose dell'ambiente e della salute, creando i presupposti per una valorizzazione commerciale delle produzioni ottenute con la lotta biologica e integrata.

Pur con la difficoltà di competere con strutture molto organizzate e economicamente molto forti come le multinazionali che commercializzano i pesticidi, la biofabbrica di Cesena rappresenta un punto di riferimento nazionale: dal Trentino alla Sicilia, gli agricoltori che intendono percorrere la strada dell'[agricoltura sostenibile](#) possono trovare nel Biolab un efficace riferimento.





Il problema di difendere le piante dai loro nemici e, allo stesso tempo, difendere l'ambiente, gli operatori agricoli e i consumatori, ha infine due possibili soluzioni. Da un lato, si deve mirare alla limitazione dell'intervento chimico a casi di reale necessità di difesa delle colture, quando il danno provocato dall'insetto sia davvero **considerevole**, e **accertato** e non solamente supposto.



Oggi, purtroppo, è ancora invalso un principio, favorevole ai venditori delle multinazionali, per cui la lotta agli insetti dannosi si deve conformare a un "calendario". Accade questo: verso la fine di maggio, i sacri testi dell'entomologia agraria decretano che la carpocapsa, o *Cydia pomonella*, il famigerato verme della mela, è in pieno volo nei frutteti. Per cui, si fa un intervento chimico, e se ne fa seguire un certo numero di altri, con cadenza di dieci-quattordici giorni, fino a una distanza temporale di sicurezza dalla raccolta del prodotto.

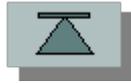
Ma a maggio, la carpocapsa vola davvero nel frutteto?

O volerebbe se ci fosse? Chi lo sa? Tanto per non sbagliare si fa l'intervento, mirato non a una infestazione accertata, ma ad una presunta. Si rischia di inquinare l'ambiente, di mettere in forse la salute dell'agricoltore e del consumatore forse per niente. È come se si curasse la polmonite con gli antibiotici solo temendo, o presumendo, di averla. Si configura così il concetto di "**soglia**". Se gli insetti dannosi restano sotto una certa "**soglia di densità**", nota anche come "soglia economica", non sarà il caso di scomodare la motopompa e l'atomizzatore.

La soglia economica introduce, così, il concetto di lotta guidata, che prevede, inoltre, di scegliere sempre tra le varie molecole, a parità di efficacia, quelle meno tossiche e meno ecologicamente distruttive. Dall'altro lato si tratta di ricorrere quando possibile alla lotta naturale e alla lotta biologica, o alla cosiddetta **lotta integrata**.

La **lotta biologica classica**, come visto, si fonda sull'ipotesi per cui

ogni organismo, in natura, ha dei nemici che ne controllano l'incremento numerico. Ragion per cui si può mobilitare e potenziare artificialmente l'attività di questi nemici dei nemici delle colture, ottenendo il contenimento delle loro densità sotto la soglia economica con l'indubbio vantaggio di non produrre dei dissesti ecologici e di non porre in pericolo la salute dell'agricoltore e del consumatore. Infatti, favorire, o aumentare la parassitizzazione e la predazione a carico della specie fitofaghe o scatenare delle epidemie nelle loro popolazioni, con batteri, virus o funghi non comporta alcun rischio ecologico e sanitario.





Alla lotta biologica classica, che potenzia e manipola la lotta naturale, si affianca oggi una **lotta biologica moderna**, o **ecologica**, che contrasta gli organismi dannosi con mezzi tecnologicamente avanzati. Vediamo i principali.

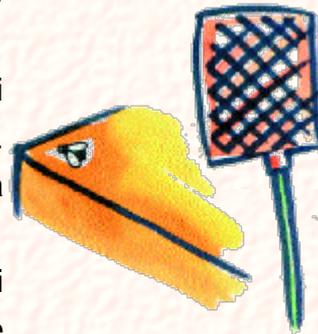
AUTOCIDIO

Strategia. Sterilizzazione dell'insetto dannoso (spesso solo i maschi, per cui si parla anche di "**tecnica del maschio sterile**") e lancio degli individui sterilizzati fino a rendere estremamente improbabile l'accoppiamento tra due individui fertili.

Mezzi Fisici: sterilizzazione con raggi X o raggi gamma. Chimici: chemiosterilizzanti, fitormoni.

Genetici: introduzione di geni letali nella popolazione.

Tattiche. Immettere nell'ambiente insetti sterilizzati in laboratorio o agire direttamente sulla popolazione naturale (per esempio: attrattivo + chemiosterilizzante). Il metodo ha le maggiori probabilità di successo se si opera in ecosistemi isolati o su aree molto vaste, per prevenire la reintroduzione di individui fertili dai bordi.



MANIPOLAZIONE DELLA SEGNALAZIONE

Strategia. Perturbare i segnali che gli insetti nocivi si scambiano tra loro.

Mezzi. Suoni, attrattivi, feromoni, etc.

Tattica. Enfatizzare un segnale (pipistrelli-ultrasuoni-insetti), rendere difficoltosa la ricezione (es. feromoni: metodo della confusione sessuale).

BARRIERE TROFICHE

Strategie. Diminuire il passaggio di biomassa dalla pianta al fitofago.

Mezzi. Resistenza delle piante, fagodeterrenti.

Tattiche. Manipolazione genetica ad hoc, ricerca dei segnalatori

pianta/insetto, diffusione sugli organi soggetti a infestazione di sostanze che bloccano l'alimentazione dell'insetto.





Un'applicazione particolarmente interessante, o affascinante, nella lotta biologica moderna, è quella che si basa sui **FEROMONI DEGLI INSETTI**. Gli insetti vivono un universo ampiamente olfattivo. La comunicazione chimica è un meccanismo enormemente diffuso ed evoluto. La possibilità di riuscire a perturbare artificialmente questo mondo di odori ha avuto origine da studi compiuti nei primi anni Sessanta che chiarivano la natura chimica di queste sostanze e la loro conseguente sintesi e produzione. Comunemente questi messaggeri chimici vengono oggi chiamati, dal termine anglosassone **semiochemicals** e sono divisi in **feromoni** e **allelochimici**.

I feromoni servono a scambiare messaggi tra individui della stessa specie, mentre gli allelochimici tra specie e regni diversi (vegetale e animale). I segnali chimici più spettacolari sono i **feromoni sessuali** che necessitano di un particolare indugio esplicativo.

Grazie alle ricerche di numerosi chimici, etologi ed entomologi, sappiamo che il maschio viene "guidato" all'incontro con l'accoppiamento da sostanze secrete dalla femmina nell'atmosfera. Il numero di specie di cui si conosce il feromone sessuale è in continua ascesa e stime di qualche anno fa ne indicavano oltre 1400. Limitandosi ai principali Lepidotteri dannosi in Europa, vengono già correntemente impiegati attrattivi sessuali per una cinquantina di specie. La femmina emette i suoi segnali chimici mediante ghiandole esocrine vere e proprie, oppure "piastre" di cellule secernenti. Nel contempo vengono messi in atto dei comportamenti speciali quali scelta del luogo di richiamo e adozione di una posizione favorevole all'emissione.

Il sistema che riceve il messaggio attraverso il canale della diffusione atmosferica, è costituito dai **sensilli** situati nelle antenne che, nel maschio, in genere sono più grandi rispetto alle femmine. Si è visto

che, in presenza di feromoni, numerosi insetti fanno vibrare le loro antenne con un gioco muscolare molto elaborato, in modo da favorire il contatto delle molecole con i recettori.

Caratteristica veramente peculiare di questi feromoni è la loro straordinaria attività biologica cui corrisponde una egualmente straordinaria sensibilità dell'organulo ricevente. La quantità di feromone emessa da una femmina è infinitesima e varia da specie a specie: in ogni caso siamo nell'ordine di nanogrammi. Vediamo le possibili applicazioni pratiche dei feromoni sessuali contro le specie dannose.

Tattica addizionale

Si combina, in una struttura da sistemare in campo, un attrattivo sessuale e un chemiosterilizzante. Si tratta di un metodo autocida, messo in atto direttamente contro la popolazione naturale (attualmente tale sistema di lotta non viene applicato in quanto necessita di registrazione).

Tattica della "cattura in massa"

Si collocano nelle colture delle trappole innescate con feromoni, cercando di attirare e distruggere il maggior numero possibile di maschi della specie dannosa. Il metodo ha sempre incontrato varie difficoltà, ma già si applica per i Lepidotteri xilofagi *Cossus cossus* e *Zeuzera pyrina*.

Tattica biologica vera e propria

Confusione sessuale. L'ipotesi di base che regge questo metodo, noto anche come "**tecnica del maschio confuso**", è che sovrasaturando l'ambiente di feromone sintetico, il maschio dell'insetto sottoposto a un assiduo bombardamento molecolare, dovrebbe non riconoscere più il messaggio direzionale della femmina, perdendo la facoltà di raggiungerla e di accoppiarsi. In Italia, il metodo della confusione sessuale è già impiegato per diverse specie: la carpocapsa del melo, *Cydia pomonella* e i carpofagi del pesco, *Cydia molesta* e *Anarsia lineatella*.

Tattica della protezione feromonica

Le femmine di alcuni Ditteri come la mosca della frutta *Ceratitis capitata*, la mosca delle ciliegie *Rhagoletis cerasi* e la mosca delle olive *Bactrocera oleae*, marcano i frutti in cui hanno ovideposto con un feromone che serve come deterrente della deposizione di uova da

parte di altre femmine della stessa specie. Si sta sperimentando la possibilità di diffondere una copia sintetica di questo feromone per "ingannare" le femmine della specie dannosa, affinché non ovidepongano.

Tattica dell'inibizione sensoriale

Questa metodologia non riguarda il rilascio di feromoni, ma gli organuli di ricezione, i sensilli del maschio. Esistono sostanze volatili in grado di inibirne la funzione, ed è quindi possibile supporre che la loro diffusione nell'atmosfera produrrebbe un'interruzione della segnalazione chimica.

Tattica del monitoraggio o complementare

Questa strategia, basata sull'impiego di trappole attivate con feromoni di sintesi, da sola non consente la difesa della coltura dall'insetto nocivo, ma permette una migliore utilizzazione di altri metodi di lotta, consentendo di segnalare la presenza e in taluni casi di dare qualche indicazione sulla densità della specie bersaglio. Lo scopo è quindi definire la necessità e l'epoca di impiego degli insetticidi chimici (lotta guidata), degli insetticidi microbiologici o degli insetti utili allevati dalle biofabbriche.

La trappola a feromoni consente così di eliminare i trattamenti inutili contro popolazioni inesistenti o a densità inferiore alla soglia economica. Le trappole possono essere impiegate anche per individuare insetti dannosi introdotti in nuove aree; per conoscere la distribuzione di una specie sul territorio; per accertare la presenza di alcune specie nei grandi magazzini che stivano le derrate; per misure di quarantena.





LE PIANTE TRANSGENICHE



Un metodo di lotta indiretto, che non si risolve cioè contro l'insetto fitofago, ma che tende invece ad accrescere le resistenze della pianta, è la creazione di **GMO (Genetic Modified Organisms)**. Di cosa si tratta? Con sistemi biotecnologici, è possibile trasferire dei geni da un organismo ad un altro, creando dei GMO che acquisiscono nel loro patrimonio genetico, tratti di DNA provenienti da altri organismi viventi e possono quindi produrre sostanze proprie dell'organismo da cui questi geni derivano. Tra i GMO, le piante transgeniche sono ormai entrate, o stanno per entrare, nell'uso corrente in vari Paesi occidentali. Tuttavia, per diversi scienziati, l'introduzione in natura dei GMO può comportare rischi ambientali seri, analogamente a quanto può succedere con l'introduzione accidentale di una specie esotica in una nuova area geografica.



Tra i rischi possibili, si teme l'eventualità che un GMO, o la sua discendenza, sfugga al controllo e diventi pericoloso da un punto di vista ecologico, perché colonizza ecosistemi diversi da quelli per i quali era stato progettato, forse anche come risultato di impreviste ulteriori modificazioni genetiche. Un'altra possibilità è che il materiale genetico ingegnerizzato possa trasferirsi a un'altra specie che potrebbe acquisire caratteristiche indesiderate. Un pericolo concreto sembra poi essere dato dall'uso di "**geni marcatori**" che inducono la resistenza a antibiotici.

Questi geni potrebbero essere fatti propri - una possibilità non si sa quanto remota - dalla nostra microflora intestinale, con i problemi che possiamo facilmente immaginare. Per restare strettamente nel mondo agricolo, una pianta coltivata in cui è stato introdotto un gene per la resistenza a uno o più erbicidi può teoricamente trasmettere il carattere a una pianta geneticamente vicina, ma non coltivata e considerata malerba!

Si favorirebbe così l'insorgere della resistenza ai diserbanti, che costituisce già un grave problema per l'agricoltura. Per quanto riguarda il Mais, i biotecnologi hanno molto lavorato per creare nuovi ibridi resistenti a *Ostrinia nubilalis*, un Lepidottero Piralide che è

considerato come uno dei fitofagi più dannosi in molte aree di coltivazione. Sono state così ottenute piante di Mais geneticamente modificate, capaci di sintetizzare la delta-endotossina di *Bacillus thuringiensis ssp. kurstaki*, che risulta tossica se ingerita dalle larve di molte specie di Lepidotteri.

Questo risultato è stato presentato come un fatto sensazionale, risolutivo del problema. [Ma non mancano i dubbi sulla reale portata della scoperta](#). Infatti, si ha ragione di prevedere che la Piralide non avrà, almeno nel medio periodo, gravi problemi. Già in un recente passato, nella Pianura Padana, la Piralide venne privata di quella che fino ad allora era stata la pianta ospite d'elezione, la canapa, ed ecco che fu in grado di adattarsi al Mais (che stava sempre più diffondendosi).

Quando in una vasta area nello Stato di New York, in pochi anni, venne abbandonata la coltivazione di Mais per passare ai frutteti di melo e pesco, la Piralide divenne il pericolo numero uno per i frutti, compiendo la prima generazione su piante erbacee selvatiche e la seconda più una terza parziale sulle piante da frutto dove le larve carpo-faghe possono compiere danni enormi. Sarebbe quindi ingenuo pensare che il Mais transgenico sia in grado di ridurre le popolazioni di Piralide o eradicarle completamente.



Altro fattore che potrebbe risultare non risolutivo risiede nel fatto che la tossina del *Bacillus thuringiensis* non è presente in tutte le parti della pianta del Mais (pare sia localizzata soprattutto nelle parti verdi in accrescimento e nel polline) e, oltretutto, scomparirebbe dopo la maturazione. Ma, in Italia, gli attacchi più massicci avvengono proprio nel momento in cui la tossina sarebbe già sparita e dunque le larve di seconda generazione potrebbero essere in grado di arrivare alla maturità per poi svernare regolarmente.

Tuttavia, è probabile che il Mais transgenico induca una forte riduzione della prima generazione della Piralide che comporterebbe un calo negli attacchi della seconda. Ma questa riduzione della prima generazione (poco dannosa) rischia di impoverire l'agroecosistema dei nemici naturali della Piralide, che così potrebbe avere ancora di più "campo libero" nella seconda generazione.

Il passaggio di materiale genetico dal Mais transgenico coltivato a

piante selvatiche appare molto improbabile, almeno in Europa, dove non ci sono forme ancestrali del mais (*Zea mays*) quali *Zea mexicana* e *Tripsacum*, come in Centro America, per cui, almeno nel vecchio Continente, i vantaggi sembrerebbero compensare i rischi. [Qui si potrebbe chiudere la questione, ma si pongono altre domande.](#)

[Quanti sono oggi gli agricoltori che nel nostro Paese usano insetticidi contro la Piralide?](#) Pochissimi, se non nessuno. Eppure, il Mais da granella ha già raggiunto, in Italia, record produttivi molto superiori addirittura al Corn belt degli Usa. In Italia, è necessario usare insetticidi contro la Piralide solo per il Mais dolce e il Mais da seme. Negli altri casi potrebbe forse solo aumentare i costi di produzione.

[Quanto costerà la semente di Mais transgenico rispetto a quella classica? Perché seminare Mais ingegnerizzato per resistere alla Piralide anche in aree dove gli attacchi sono limitati o inesistenti? Sostituiamo comunque le varietà attuali con quelle contenenti la proteina tossica per i Lepidotteri?](#)

Ancora non lo sappiamo, ma certo non sorprenderebbe che scopriremmo, tra qualche anno, che i metodi di lotta biologica tradizionali sono più sicuri e, forse, più efficaci. [Ma se il Mais sarà, come in molti agroecosistemi, l'unica pianta ospite disponibile per la Piralide, quanto impiegherà il fitofago a diventare resistente alle varietà transgeniche?](#) A questo interrogativo nessuno dà risposta. Come ben poche risposte si è in grado di dare sul vero problema: ["le tossine prodotte da alcune di queste piante transgeniche non si riveleranno un giorno pericolose anche per l'uomo?"](#)





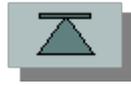
La conciliazione tra la lotta guidata e la lotta biologica ha dato origine alla lotta integrata, in cui l'arma chimica e quella biologica si uniscono nell'intento di rendere la difesa delle colture più efficace e nel contempo in linea con quella agricoltura sostenibile che dovrà presto spiazzare e sostituire l'agricoltura industriale.

Oggi, si parla sempre più della **PRODUZIONE INTEGRATA**, che mette in gioco una costellazione di interventi atti a favorire la coltura e a sfavorire l'insetto dannoso. Le irrigazioni, le potature, le lavorazioni, le rotazioni, la scelta di piante resistenti, o sfasate nel ciclo rispetto a quello del fitofago, le concimazioni, e infine gli interventi biologici e chimici possono concorrere a tutelare la pianta coltivata dai suoi nemici.

Favorita dalla politica agricola comunitaria, tesa a sostenere non più il prodotto, ma le aziende che si convertono a una coltivazione soffice, la produzione integrata, in tempi di vacche grasse e di eccedenze alimentari, non punta più sulla quantità, ma sulla qualità. Il nuovo consumatore "verde", in crescita sui mercati di tutto il mondo, non solo chiede alimenti in cui si riducano fino alla sensibilità strumentale i residui, ma che derivi da campi in cui la difesa, e le pratiche agronomiche siano state il meno possibile impattanti per l'ambiente. Questa nuova esigenza, di un consumatore sempre più sensibile alla conservazione ambientale, ha indotto i grandi sistemi di distribuzione a rispondere in maniera pronta ed efficace, creando dei "**marchi di qualità**" se non proprio dei labelli.

Ma non solo: consapevoli delle richieste di qualità per il prodotto e per l'ambiente, queste istituzioni si sono adoperate nel senso di migliorare tutta la filiera agro-alimentare. Solo i prodotti provenienti da aziende biologiche riconosciute, soggette a controlli di legge, o a produzione integrata, garantiti dai labelli di serie organizzazioni distributive, offrono la "chance" di risultare esenti da residui chimici e di essere stati ottenuti con pratiche non distruttive per l'ambiente.

Farci mangiare meglio, tutelando a un tempo la nostra salute e quella dell'ambiente, è uno dei grandi obiettivi dell'agricoltura sostenibile, dell'agricoltura del futuro.





L'energia è l'attitudine che ha un corpo a compiere un lavoro. In fisica il lavoro è svolto da una forza che applicata ad un corpo ne determina uno spostamento. Esistono diverse forme di energia: termica, luminosa, chimica, nucleare, meccanica nelle sue forme di potenziale e cinetica.

Nella figura sono rappresentate alcune forme di energia: sapresti indicare quali?

Sappiamo che l'energia non si consuma ma si trasforma (termodinamica).

Ogni azione richiede energia e quindi è sottoposta alla legge dell'entropia per cui tutta l'energia degrada verso forme non più utilizzabili. In tutti i processi spontanei, si disperde energia non nel senso che "scompare" ma si distribuisce in un altro modo mantenendo costante la quantità totale.

L'intero sistema della Terra, esseri viventi inclusi, richiede un continuo apporto di energia che prende dal Sole per far avvenire gli scambi di materia dei *cicli biogeochimici*. Solo una parte dell'energia ricevuta dal SOLE viene trasformata in lavoro o in altre forme di energia; la restante viene persa nello spazio sotto forma di calore.

L'entropia misura il grado di dispersione dell'energia di un sistema. Il valore dell'entropia ci informa se un processo è avvenuto spontaneamente o meno. Quando l'entropia aumenta, il processo è spontaneo. Applicando i principi della termodinamica al sistema universo possiamo dire che: la quantità totale dell'energia dell'universo stesso è sempre costante e dopo ogni trasformazione spontanea il grado di entropia aumenta e la qualità dell'energia diminuisce.

Nei processi spontanei aumenta l'entropia e quindi il disordine e la dispersione dell'energia. Gli esseri viventi si oppongono a questa tendenza perché sono costruiti da strutture ordinate (es. sintesi di una molecola a partire da singole molecole semplici) che diminuiscono l'entropia e quindi il disordine.





NICCHIA ECOLOGICA



Più precisamente **la nicchia ecologica** è il ruolo occupato da una specie all'interno di un certo ecosistema: dove vive, cosa mangia, quali sono le modalità con le quali si procaccia il cibo, in quale stagione è attiva, e così via. In senso più astratto, la nicchia è, all'interno di un certo ecosistema, il luogo o il ruolo potenziale nel quale una specie si sarebbe potuta o meno evolvere.

Per es.: ogni ambiente che ha alberi vecchi e marcescenti potrebbe essere la nicchia del picchio. Ma i picchi non sono buoni volatori, perciò non si sono diffusi attraverso le barriere acquatiche rappresentate dai mari. Ecco allora che negli ambienti dove i picchi non sono arrivati vi sono altre specie (dette **EQUIVALENTI ECOLOGICI**) che sfruttano la stessa nicchia ecologica (per es.: Fringuello-picchio (*Cactospiza pallida*) delle Galàpagos, Akiapolaau (*Hemignatus wilsoni*) delle Hawaii, Huia (*Heteralocha acutirostris*) della Nuova Zelanda, il lemuride del Madagascar chiamato *aiè-aié*).

Una delle regole generali dell'ecologia afferma che due popolazioni appartenenti a specie diverse non possono occupare la stessa nicchia nello stesso ecosistema (**Principio di esclusione competitiva**). Può capitare invece che popolazioni di una stessa specie occupino nicchie diverse in regioni diverse, secondo il cibo disponibile nelle regioni e il numero degli organismi presenti; anzi questo meccanismo è alla base del processo di formazione delle specie o **speciazione**.

Nonostante il principio di esclusione competitiva, in natura esistono numerosi casi in cui per un lungo periodo di tempo due specie affini attingono allo stesso tipo di risorsa prelevandola dal medesimo habitat. In questo caso si ha la **coesistenza** di specie con esigenze simili attraverso la **ripartizione delle risorse**, ossia attraverso la suddivisione di risorse vitali scarse. L'esempio più eclatante è certamente quello delle mandrie di erbivori delle savane (gnu, zebre, antilopi, bufali), che possono coesistere nello stesso habitat, perché, anche se tutti si nutrono di vegetali, però lo fanno in modo diverso.

