



## BIODIVERSITÀ, SERVIZI DEGLI ECOSISTEMI E CAMBIAMENTI GLOBALI

di Marino Gatto\*

### Che cosa è la biodiversità

L'impressionante diversità delle forme viventi presenti sul nostro pianeta (biodiversità) e la loro distribuzione sul globo terraqueo hanno sempre destato la meraviglia e la curiosità di molti scienziati e appassionati naturalisti. La storia della biodiversità coincide con la storia della vita sulla Terra. Il nostro pianeta ha più di 4 miliardi e mezzo di anni, ma per quasi un miliardo di anni la terra era priva di vita. Il primo organismo è probabilmente comparso circa 3 miliardi e settecento milioni di anni fa nelle profondità oceaniche. L'atmosfera terrestre era molto diversa: non conteneva praticamente ossigeno, ma c'era molta anidride carbonica. Circa 2 miliardi e 500 milioni di anni fa la graduale evoluzione delle specie marine ha portato alla comparsa di specie in grado di compiere la fotosintesi, cioè di assorbire anidride carbonica, incorporare il carbonio per la produzione di biomassa e rilasciare ossigeno. Quando l'ossigeno ha saturato gli oceani, ha cominciato a filtrare nell'atmosfera. La sua concentrazione è quindi cresciuta fino ai valori attuali. Sotto l'azione dei raggi ultravioletti, che bombardavano la superficie del nostro pianeta, impedendo lo sviluppo della vita sulle terre emerse, si è formato lo strato di ozono stratosferico che scherma la maggior parte delle radiazioni solari dannose. Le specie hanno così potuto evolversi anche sulle terre emerse aumentando la biodiversità del pianeta. La nostra

specie *Homo sapiens* nell'orologio della vita è comparsa solo all'ultimo secondo, circa 150.000 anni fa.

La diversificazione della vita ha come motore il fenomeno della mutazione genetica, ma se la mutazione, che è essenzialmente casualità, fosse l'unica causa della diversificazione, non osserveremmo strutture organizzate e coerenti nella biosfera terrestre. Invece, l'organizzazione e strutturazione della vita è configurata dal processo di selezione naturale, messo in luce da Darwin (1859) nel famoso libro *Sull'origine delle specie*. Dal momento in cui la vita comparve sul nostro pianeta gli organismi sono andati perciò evolvendosi producendo così un'incredibile ramificazione e diversificazione delle forme viventi come dimostrato dai sistemi di classificazione tassonomica (fig. 1). Inoltre non dobbiamo dimenticare che nel corso della ramificazione della vita l'evoluzione dei vari organismi è stata vincolata dalla presenza di altri organismi che con essi interagivano ecologicamente: perciò di fatto l'evoluzione è co-evoluzione.

### Configurazione e distribuzione della biodiversità

La domanda più semplice che ci possiamo porre è quanto conosciamo, in termini puramente descrittivi, della biodiversità del nostro pianeta. La risposta più sincera è: molto poco. Non sappiamo nemmeno quante specie siano ospitate dal nostro pianeta.

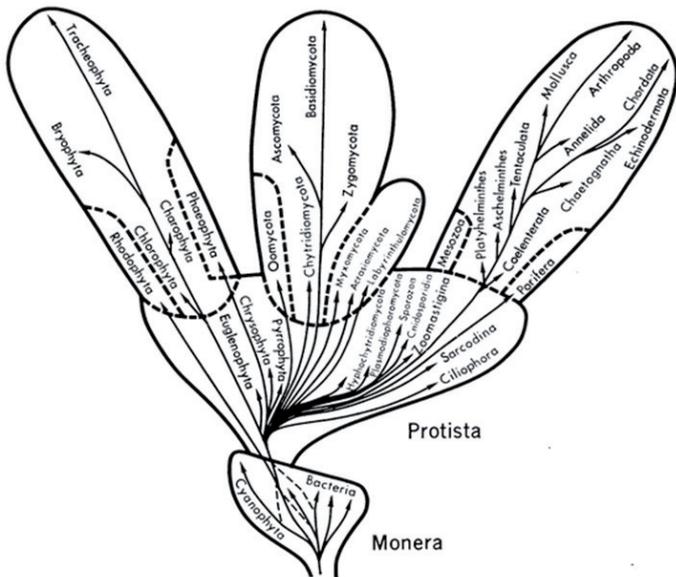


Figura 1 - La ramificazione e diversità della vita come risultante dalla classica classificazione a 5 regni. Questo sistema tassonomico è basato su 3 livelli di organizzazione: organismi procarioti (regno delle monere), organismi unicellulari eucarioti (regno dei protisti) e organismi eucarioti multicellulari (regni delle piante, dei funghi e degli animali).

Le specie descritte finora sono circa 1,8 milioni, ma si stima che il numero totale di specie presenti sul pianeta sia molto maggiore. Metodi diversi, validi essenzialmente per gli ecosistemi terrestri, valutano che tale numero sia compreso fra 3 e 30 milioni. Il valore più attendibile è 14 milioni. In particolare gli ecosistemi marini sono molto poco conosciuti. Le specie marine finora descritte sono circa 250.000, ma recenti stime valutano che i mari potrebbero ospitare fino a 10 milioni di specie. Inoltre la conoscenza della biodiversità mondiale non è la stessa per i diversi gruppi tassonomici (vedi fig. 2). È molto buona per quanto riguarda uccelli e mammiferi ma, per esempio, molto cattiva per quanto riguarda i batteri. Gli insetti sono i veri dominatori della terra perché si sono ramificati in un incredibile numero di specie.

La biodiversità non è distribuita uniformemente sulla terra. Ci sono alcune regioni che contengono un numero molto alto di

specie endemiche, ovvero presenti solo in quella particolare collocazione geografica.

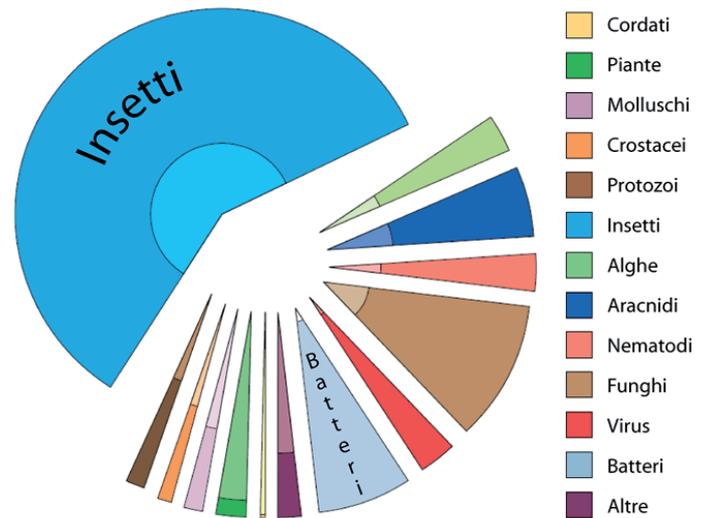


Figura 2 - Come la biodiversità della terra è probabilmente suddivisa tra diversi gruppi tassonomici. L'area di ciascuna fetta della torta rappresenta il numero di specie che viene stimato esistere in ciascun gruppo; i settori più interni rappresentano quelle specie che sono state effettivamente catalogate.

Queste regioni (fig. 3) sono state chiamate punti caldi (*hotspots*) di biodiversità da Norman Myers (2000) in un articolo ritenuto fondamentale per l'ecologia della conservazione.



Figura 3 - Hotspot di biodiversità secondo la proposta di Norman Myers e colleghi.

Ovviamente, i punti caldi sono molto importanti perché richiedono una particolare attenzione nelle politiche globali che vengono proposte per salvaguardare la biodiversità del nostro pianeta. È importante notare come l'Italia, con la sua grande diversità di paesaggi e di ecosistemi, sia uno di questi

*hotspot* e meriti quindi adeguate politiche di conservazione e gestione del suo patrimonio biologico.

### La perdita di biodiversità

Il problema della perdita presente e futura di biodiversità è spesso confusa da alcune persone con i 'naturali' decrementi di biodiversità che si sono verificati sulle scale di tempo evoluzionistiche. La nostra Terra ha sempre sperimentato perdite di biodiversità fin dall'origine della vita. Per la precisione, sulla scala geologica ci sono stati cinque periodi di estinzione di massa, denominati dalla corrispondente era geologica, seguiti da nuove radiazioni di specie. Attualmente siamo probabilmente all'inizio di una sesta estinzione, quella olocenica. Le cause delle passate estinzioni non sono ben conosciute. Invece la causa dell'imminente sesta estinzione è ben conosciuta perché è l'azione dell'uomo. Ecco perché il premio Nobel Paul Crutzen (2002) ha denominato l'era presente Antropocene.

Quando gli scettici sostengono che le specie si sono sempre estinte e che non dovremmo preoccuparci delle estinzioni che si stanno verificando, compiono un errore molto comune: non prestano attenzione alle scale temporali e spaziali. Infatti, mentre il tempo medio di vita di una specie, come stimato dai record fossili, era dell'ordine di qualche milione di anni, dai tassi di estinzione documentati nel secolo scorso il tempo medio è stimato essere dell'ordine di solo qualche decina di migliaia di anni, quindi con una diminuzione di diversi ordini di grandezza. Dai tassi di estinzione correnti si ricava, sempre con metodi statistici, un tempo medio di vita residua per molti uccelli e mammiferi di qualche secolo.

Quali sono i fattori principali che portano le specie all'estinzione? Sono state fatte diverse statistiche, per quanto approssimative. La causa principale delle estinzioni finora avvenute è il cambiamento di uso del suolo, che porta alla degradazione e distruzione degli habitat. Ulteriori cause sono l'introduzione di specie esotiche, il prelievo di animali e piante e l'inquinamento. Ci sono molti esempi di degradazione degli habitat, ma il più impressionante ai nostri giorni è quello della distruzione delle foreste tropicali. Mentre le foreste dell'Europa sono state distrutte e frammentate nel corso di secoli e con lo scopo di costruire paesi e città che fanno parte della nostra cultura, le foreste tropicali vengono distrutte su scale temporali molto più corte (decine di anni) e fondamentalmente per produrre risorse per quelli che noi chiamiamo paesi sviluppati. Spesso la frammentazione è legata alla costruzione di strade come nel caso della rete stradale transamazzonica. A volte si ha una conversione di uso del suolo a favore di coltivazioni agricole come la soia che sono prevalentemente destinate all'esportazione. La distruzione è sfortunatamente molto rapida e crea un innaturale mosaico di frammenti territoriali a diversa scala.

Una causa importante di estinzione, ma poco conosciuta dal grande pubblico, è l'introduzione di specie esotiche. Esse non si sono evolute nell'ambiente in cui vengono introdotte e quindi non si sono ad esso adattate né si sono co-evolute con le specie indigene. Spesso hanno un vantaggio competitivo sulle specie autoctone o portano parassiti e malattie, a cui queste non si sono adattate, o agiscono come predatori nuovi verso cui le specie autoctone sono indifese. Gli esempi abbondano.

Lo scoiattolo grigio (*Sciurus carolinensis*) è stato introdotto dal Nordamerica in Gran Bretagna verso la fine del 1800. Esso ha pochi predatori naturali ed è più grosso e più atletico della specie autoctona, cioè dello scoiattolo rosso (*Sciurus vulgaris*). La specie americana ha soppiantato quasi dovunque in Gran Bretagna quella europea, il cui areale di distribuzione è ormai ridotto all'isola di Anglesey e a parte della Scozia settentrionale. Lo ctenoforo marino *Mnemiopsis leidyi*, nativo delle coste atlantiche occidentali, è stato introdotto accidentalmente nel Mar Nero nel 1980 probabilmente attraverso le acque di zavorra delle navi mercantili. Poiché *M. leidyi* è un carnivoro che si nutre di uova e larve di pesci pelagici ha provocato una drammatica diminuzione della pesca nel Mar Nero, soprattutto dell'acciuga *Engraulis encrasicolus*, con notevoli danni economici per i paesi che si affacciano sul Mar Nero. Il persico del Nilo (*Lates niloticus*) è stato introdotto nel Lago Vittoria in Africa Centro-orientale per dare un impulso all'industria della pesca locale. Essendo un grande predatore ha provocato l'estinzione o la quasi estinzione di più di 200 delle specie di pesci ciclidi che si trovano solo nel grande lago africano.

Un'ulteriore causa di minaccia per molte specie è costituita da un eccessivo prelievo ittico e venatorio. Tale prelievo può costituire la causa prima oppure aggravare situazioni già a rischio per la degradazione degli habitat. Le specie più minacciate dalla caccia e dalla pesca sono, oltre quelle la cui carne è commestibile (tipicamente la selvaggina e gli stock ittici), anche quelle la cui pelle e le cui corna, tessuti e organi hanno un alto valore commerciale (come

l'elefante dalle cui zanne si ricava l'avorio o il rinoceronte al cui corno vengono attribuite inesistenti proprietà afrodisiache). La caccia e la pesca non compromettono sempre la diversità di un ecosistema ma divengono serie minacce di estinzione per una specie sfruttata eccessivamente, cioè ogniqualvolta il tasso di prelievo sia maggiore del tasso di rinnovamento della specie.

Grande importanza assume anche l'inquinamento. Le attività umane hanno, infatti, alterato profondamente i cicli biogeochimici fondamentali per il funzionamento globale dell'ecosistema. Fonti d'inquinamento sono, oltre alle industrie e agli scarichi civili, anche le attività agricole che, impiegando insetticidi, pesticidi e diserbanti, alterano profondamente i suoli. A questo proposito va ricordato il fenomeno della biomagnificazione, che consiste nell'amplificazione della concentrazione di sostanze tossiche all'interno delle reti trofiche dai livelli più bassi a quelli più elevati. Conseguenza di questo processo è l'accumulo di notevoli quantità di sostanze chimiche nocive (in particolare metalli pesanti) negli organismi che si trovano in cima alla catena trofica (rapaci, grandi carnivori).

Oltre ad analizzare le ragioni della perdita di biodiversità nel passato possiamo anche chiederci quali saranno le principali cause di perdita di biodiversità nel futuro. Secondo un gruppo di ricercatori guidato da Osvaldo Sala (2000) dell'Università dell'Arizona, le cause più importanti di impatto sulla biodiversità da adesso al 2100 saranno quelle riportate e confrontate in figura 4. La causa principale sarà ancora il cambiamento di uso del suolo, che porta alla degradazione e distruzione degli habitat, seguita dal

cambiamento climatico globale (CCG), dall'alterazione del ciclo dell'azoto, dall'introduzione di specie esotiche (scambi biotici), dall'aumento dei gas serra, in particolare dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

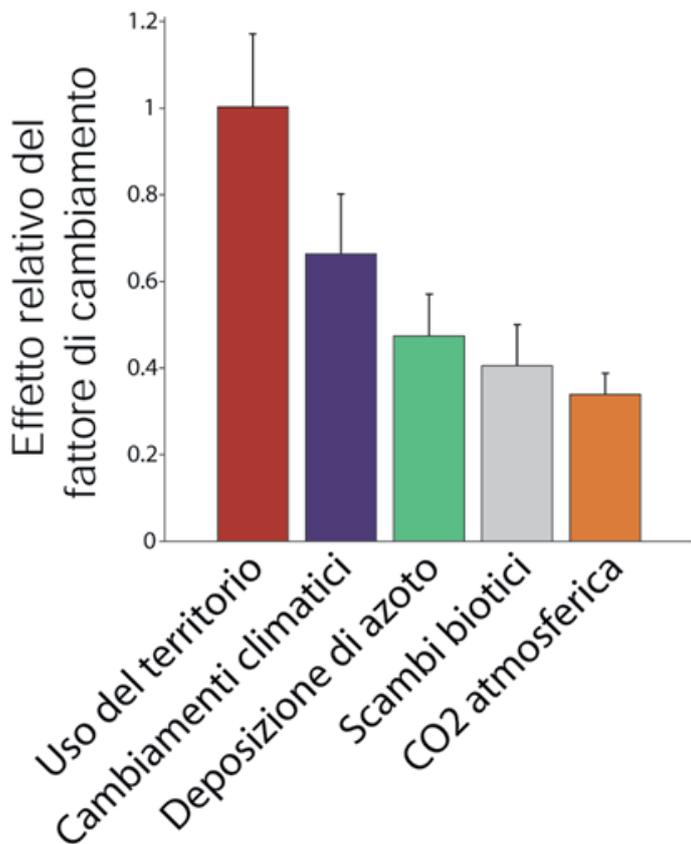


Figura 4 - Stima per l'anno 2100 dell'effetto relativo sulla biodiversità dei principali fattori di cambiamento; le barre sottili rappresentano la variabilità dell'impatto nei diversi biomi terrestri

Se consideriamo che il cambiamento climatico globale è dovuto principalmente all'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> e di metano, possiamo dire che l'aumento di gas serra sarà perciò in futuro la causa principale diretta e indiretta di perdita di biodiversità, seguita dal cambiamento di uso del suolo in ambiente terrestre e dall'aumento della pressione antropica (pesca e urbanizzazione costiera) in ambiente marino. Gli effetti dei CCG sono oggi particolarmente gravi nei biomi artico, boreale ed alpino, dove il clima è il principale

regolatore dell'ecosistema, e saranno sempre più importanti tra 50 anni e oltre nel modificare gli ecosistemi.

### Il valore della biodiversità e i servizi degli ecosistemi

Una domanda che viene frequentemente posta riguarda i motivi per i quali dovremo preservare la biodiversità: è davvero così preziosa? Non è forse uno spreco di denaro, un lusso che si possono permettere solo i paesi più ricchi? Chiaramente, rispondere a questo tipo di domande richiede non solo competenze scientifiche, ma anche considerazioni di natura socio-economica ed etica. A questo proposito vanno fatte due considerazioni. La prima è che l'etica va sempre più spostandosi da un paradigma solamente individuale (non nuocere direttamente a ciascuno dei nostri simili) verso un paradigma che include gli aspetti ambientali (non nuocere anche a specie non umane e all'ambiente in cui queste specie e l'uomo convivono). La seconda considerazione è che la biodiversità di cui si parla non è un valore generico. Abbiamo precedentemente visto che le specie si sono sempre evolute e si sono adattate ai grandi cambiamenti cui la Terra è stata sottoposta in tempi geologici. Anche tutte le specie di ominidi progenitori della nostra specie (*Homo sapiens*) si sono evolute e si sono adattate nel corso di qualche milione di anni. Gli ecologi non sono preoccupati che la vita scompaia dalla faccia della terra, che la biodiversità intesa astrattamente sia in pericolo, sono invece preoccupati che questa biodiversità a cui l'uomo si è adattato possa cambiare grandemente e non fornire più ad *Homo*

*sapiens* tutte quelle risorse e quei servizi che l'uomo è abituato a trarre gratuitamente dalla natura. Le due considerazioni si parlano l'una con l'altra, poiché la necessità del cambio di paradigma etico è giustificata dalla necessità di preservare la funzione che gli ecosistemi svolgono per l'umanità tutta.

Il valore degli ecosistemi è molto grande ed è di varia natura. Le scienze sociali operano una distinzione tra valore diretto (quello che possiamo ricavare direttamente dagli organismi, ovvero cibo, fibra, legname, ecc.), valore indiretto (legato ai servizi che gli ecosistemi rendono gratuitamente all'umanità) e valore intrinseco (estetico, spirituale, ecc.). Mentre il valore diretto della biodiversità non ha bisogno di particolari commenti, è bene soffermarsi sul valore indiretto. I servizi forniti dagli ecosistemi sono innumerevoli. La seguente lista di benefici è certamente incompleta, ma può fungere da guida:

- gli ecosistemi moderano gli eventi meteorologici estremi, contribuendo alla stabilità climatica;
- mitigano gli impatti di piene e di siccità;
- proteggono i corsi d'acqua e le coste dall'erosione;
- mantengono la stabilità dei pendii attraverso la vegetazione radicata;
- riciclano i sali nutrienti;
- purificano l'aria e l'acqua;
- depurano e decompongono i rifiuti;
- controllano gli organismi nocivi per l'agricoltura;
- regolano gli organismi portatori di malattie;
- disperdono i semi e impollinano la vegetazione agricola e naturale;

- generano e conservano i suoli e rigenerano la loro fertilità.

Mentre agli inizi degli anni '70 c'era una crescente consapevolezza che la valutazione ambientale è tanto necessaria quanto la valutazione economica (basti pensare alla legislazione sulla VIA, la Valutazione di Impatto Ambientale, che fu introdotta in Nordamerica e in Europa), in tempi più recenti la vecchia logica che la valutazione economica monetaria debba prevalere su qualsiasi altra considerazione ha ripreso forza. Questo nuovo contesto portò l'ecologo Robert Costanza (1997) a condurre un ampio studio di valutazione puramente monetaria delle risorse e dei servizi che la biodiversità ci fornisce. Gli autori stimarono che questi servizi valevano 33 trilioni di dollari USA (per dare un'idea dell'imponenza di questa cifra si consideri che il PIL, prodotto interno lordo, dell'intera terra valeva allora 18 trilioni di dollari). Anche se questo approccio è stato criticato (Gatto e De Leo, 2000) poiché non considera tutti quei benefici a cui è impossibile dare un valore puramente monetario, bisogna ammettere che i risultati ottenuti dovrebbero convincere anche l'economista più scettico. In altre parole, Costanza e colleghi dimostrarono che conservare la biodiversità si ripaga da sé, poiché i servizi degli ecosistemi valgono almeno due volte il PIL globale.

Occorre sottolineare che ogni volta che perdiamo una specie possiamo avere perso per sempre, per esempio, anche il rimedio ad una delle malattie che devastano l'umanità. Di fatto l'80% della popolazione umana si basa per le proprie cure su prodotti medicinali naturali (da non confondersi con i prodotti omeopatici, che non sono medicine). Dei 150 farmaci più

prescritti negli Stati Uniti, 118 derivano da organismi naturali: 74% da piante, 18% da funghi, 5% da batteri e 3% da un vertebrato (un serpente). Nove dei 10 farmaci più usati derivano da prodotti naturali vegetali. Più di 100.000 differenti specie di animali, tra cui pipistrelli, api, mosche, farfalle e uccelli, forniscono gratuitamente i loro servizi di impollinatori. Un terzo del cibo consumato dagli uomini viene da piante impollinate naturalmente. Il valore dei servizi di impollinazione naturale a livello globale è stato stimato essere più di 350 miliardi di dollari all'anno. Sono state condotte diverse analisi costi-benefici riguardanti i servizi degli ecosistemi e tutte hanno mostrato che non è vero che la conservazione della biodiversità sia troppo costosa per i paesi in via di sviluppo. In realtà, i costi della conservazione sono largamente compensati dai benefici.

### Bibliografia

C. DARWIN, *On the Origin of Species*, John Murray, London 1859.

N. MYERS, R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. DA FONSECA, and J. KENT, *Biodiversity hotspots for conservation priorities*, «Nature», 403 (2000), pp. 853-858.

P. J. CRUTZEN, *Geology of mankind*, «Nature», 415 (2002), p. 23.

O. E. SALA, F. S. CHAPIN III, J. J. ARMESTO, E. BERLOW, J. BLOOMFIELD, R. DIRZO, E. HUBER-SANNWALD, L. F. HUENNEKE, R. B. JACKSON, and A. KINZIG et al. *Global biodiversity scenarios for the year 2100*, «Science», 287 (2000), pp. 1770-1774.

R. COSTANZA, R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, S. NAEEM, R.V.O'NEILL, J. PARUELO, R.G. RASKIN, P. SUTTON, and M. VAN DEN BELT. *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, «Nature», 387 (1997), pp. 253-260.

M. GATTO and G. A. DE LEO, *Pricing biodiversity and ecosystem services: The never ending story*, «BioScience», 50 (2000), pp. 347-355.

\*Marino Gatto è professore emerito di Ecologia del Politecnico di Milano e socio effettivo eletto dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti