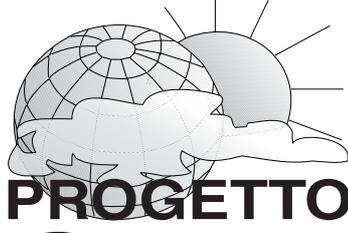


ASSOCIAZIONE



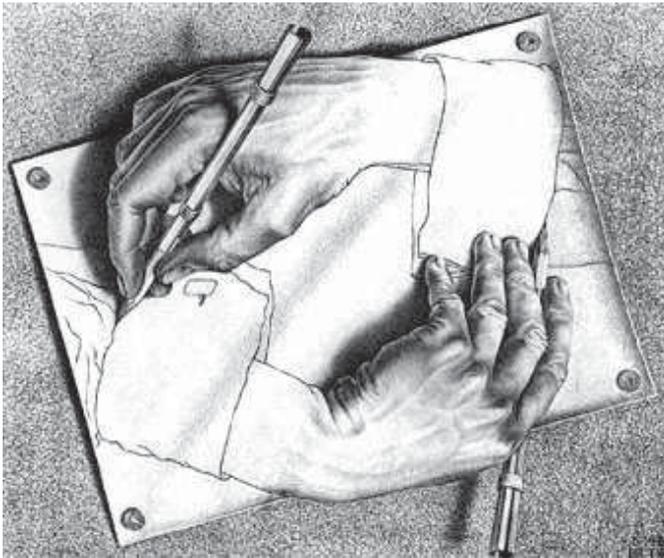
PROGETTO  
**GAIA**

*La logica sistemica applicata al Pianeta  
produce una nuova descrizione del mondo:*

# LA TEORIA DI GAIA

**Dalle nuove conoscenze nasce la prima  
Concezione del mondo collettivista**

[www.progettogaia.org](http://www.progettogaia.org)



## SOMMARIO

- 1 - Introduzione
- 2 - La teoria del controllo e il pianeta delle margherite
- 3 - Un respiro globale
- 4 - I grandi ecosistemi: gli organi di gaia
- 5 - La teoria del controllo e la vita sulla terra
- 6 - Competizione o... collaborazione?  
Equivoci su Darwin  
Cooperazione e comunicazione nel microcosmo  
Simbiosi ed evoluzione  
Omeostasi
- 7 - Gli esseri umani e Gaia
- 8 - Bibliografia

## 1 - INTRODUZIONE

Nei primi anni 60, la NASA cominciava a pianificare l'esplorazione dello spazio e la ricerca della vita al di fuori della terra, attività che ebbe il suo culmine con l'atterraggio del Viking su Marte. Al progetto, insieme con molti altri ingegneri, scienziati e filosofi, partecipò anche James Lovelock (medico, biofisico, chimico e inventore), con l'incarico di progettare strumenti per la rilevazione della vita su Marte.

Ben presto però, Lovelock si convinse che gli strumenti che stavano mettendo a punto i suoi colleghi biologi si basavano su infondate analogie con il loro lavoro sulla terra e quindi non avrebbero rilevato la vita neanche se Marte il pianeta ne fosse stato pieno: l'ideazione di una "trappola per pulci" ad esempio, si basava sull'assunto che il pianeta fosse principalmente desertico e quindi abitato da... cammelli, i quali notoriamente attirano le pulci!

In quel periodo, Lovelock pubblica due articoli in cui afferma che il metodo migliore per scoprire la presenza della vita su un altro pianeta consiste semplicemente nell'eseguirne una completa analisi dell'atmosfera, cosa possibile comodamente dalla terra ma impossibile per il Viking, che non era attrezzato per queste rilevazioni.

L'atmosfera di un pianeta senza vita infatti, è vicina all'equilibrio chimico: se se ne prende un campione e lo si riscalda, si ottiene una miscela di composti non diversa da quella di partenza. Cosa dire invece di un pianeta che ospita la vita?

L'atmosfera terrestre è lontana dall'equilibrio chimico, è composta da gas che dovrebbero reagire prontamente, facilmente e velocemente tra loro per dare origine a composti stabili.

Sembra però che questi gas rimangano separati, in apparente inosservanza delle leggi che regolano l'equilibrio chimico standard. Lovelock trovò la chimica dell'atmosfera terrestre così

persistentemente bizzarra da poterla attribuire soltanto alle proprietà collettive degli organismi.

Questi lavori costituiscono l'embrione della Teoria di Gaia, la quale descrive la terra come un unico sistema autoregolante capace di mantenere le sue caratteristiche chimico-fisiche (la temperatura media, le percentuali dei gas, l'acidità e così via), in condizioni idonee alla presenza della vita proprio grazie al comportamento degli organismi viventi.

Esiste un termine, in biologia, per descrivere questo sistema di regolazione che è una delle caratteristiche peculiari degli organismi viventi: omeostasi.

L'omeostasi è la capacità di un organismo di mantenere costanti le condizioni chimico-fisiche interne anche al variare delle condizioni ambientali esterne attraverso meccanismi autoregolanti a cui partecipano tutti gli apparati del corpo.

Dato che l'omeostasi è una delle caratteristiche peculiari degli organismi viventi, allora in un certo senso, la Teoria di Gaia implica che anche la terra possa essere vista come un organismo, anzi, un superorganismo vivo, i cui sottosistemi (quelli che negli organismi chiameremmo organi), concorrono tutti alla stabilità e al benessere del sistema di cui fanno parte.

Non si deve pensare ad una visione animista, non c'è intenzionalità né consapevolezza nei sistemi di regolazione delle caratteristiche chimico-fisiche della terra, la regolazione è una proprietà emergente di sistemi con determinati tipi di retroazione, esattamente come il mantenimento della temperatura dell'acqua di uno scaldabagno elettrico è il risultato non intenzionale della retroazione compiuta dal termostato interno. Esistono molte definizioni possibili del concetto di vita e tutte dipendono dal tipo di formazione scientifica o filosofica di chi si accinge a darla.

Una definizione di vita secondo la quale si potrebbe definire viva la terra può essere la seguente:

“La vita è la proprietà di un sistema circoscritto, aperto ad un flusso di energia e materia, in grado di mantenere costanti le proprie condizioni interne malgrado il mutare delle condizioni esterne”

Un esempio concreto di omeostasi della terra è dato dal fatto che la temperatura media del pianeta è rimasta pressoché costante nonostante il sole abbia, nel corso del tempo, aumentato del 25% il suo calore.

La comunità scientifica ha compiuto forti resistenze all'idea della Teoria di Gaia. Secondo alcuni importanti biologi infatti (Dawkins e Doolittle), l'omeostasi sarebbe possibile solamente tramite simbiosi dei vari organismi terrestri... non solo, essi dovrebbero agire secondo una pianificazione precisa e questo ovviamente non è possibile.

Per rispondere a queste critiche, Lovelock ha elaborato il semplice modello di un pianeta mitico, il pianeta delle margherite (Daisy world), abitato solamente da due specie di margherite: bianche e nere, le cui caratteristiche fisiche modificano l'albedo (la luce riflessa nello spazio), del pianeta.

Sulla base della semplice selezione naturale, Lovelock ha dimostrato che questo sistema riesce a mantenere costante la temperatura media del pianeta (omeostasi), a fronte dell'aumento di energia irradiata dalla stella attorno alla quale orbita. Questo semplice modello ha dimostrato che è possibile applicare la teoria dei sistemi anche alla terra senza per questo implicare nessun tipo di pianificazione da parte degli organismi viventi.

Molta strada è stata fatta dopo l'elaborazione di questo semplice modello teorico, molto è stato capito sui veri cicli di retroazione che regolano le caratteristiche della terra e molto ancora deve essere capito.

E' fondamentale però comprendere che con la Teoria di Gaia vengono meno le concezioni del mondo che si sono sviluppate fino ad ora e che considerano la terra e la natura sostanzialmente come fonte di risorse che l'uomo può sfruttare a proprio piacimento.

Vista con la lente della Teoria di Gaia, ciò che comunemente chiamiamo natura, non è altro che l'insieme degli ecosistemi che di fatto rappresentano gli organi della terra i quali concorrono tutti alla regolazione delle caratteristiche chimico-fisiche del pianeta e sono tutti ugualmente importanti e da preservare se si vuole che la terra continui a mantenere un ambiente confortevole per la vita di noi esseri umani.

## **2 - LA TEORIA DEL CONTROLLO E IL PIANETA DELLE MARGHERITE**

La Teoria di Gaia poggia le sue basi sulle idee della cibernetica, termine introdotto dal matematico Norbert Wiener nel 1947 e che deriva dal greco *kybernetes*: timoniere.

L'origine della cibernetica risale al progetto di un meccanismo di puntamento per artiglieria antiaerea condotto nella seconda guerra mondiale. Il problema principale derivava dalla necessità di lanciare il proiettile non direttamente sul bersaglio, dal momento che questo era dotato di elevata velocità, ma in un punto antecedente la traiettoria, in modo tale che l'aereo e il proiettile giungessero infine ad incontrarsi. Ma nel frattempo l'aereo poteva cambiare direzione in maniera casuale anche se non del tutto arbitraria. Era quindi necessario un strumento di previsione della posizione dell'aereo che agisse in maniera rapida e che dirigesse il puntamento del pezzo antiaereo. Inoltre il puntamento del pezzo doveva continuamente essere corretto mediante un meccanismo di retroazione (dall'inglese *feedback*), che riceveva informazioni sul reale comportamento dell'aereo nemico.

Il concetto di retroazione è centrale nella Teoria di Gaia: solo

***Collaborazione e cooperazione sono la base di una visione "di sinistra" della società, ma questi concetti sono in contraddizione con la concezione attuale del mondo, ancora legata ad un'interpretazione meccanicista della natura e dell'evoluzione: la natura è feroce e spietata e la selezione naturale è basata sulla competizione.***

***Le nuove conoscenze scientifiche e la Teoria di Gaia, mostrano invece chiaramente che la competizione non è l'aspetto principale della natura e sviluppano, finalmente, una concezione del mondo collettivista.***

grazie alla retroazione si possono avere sistemi di controllo automatico come meccanismi di puntamento per artiglieria antiaerea o, più banalmente, ferri da stiro e scaldabagni elettrici. In un ferro da stiro, un sensore chiude un interruttore elettrico o lo apre a seconda che la temperatura attuale sia minore o maggiore della temperatura desiderata, chiudendo un anello (retroazione negativa), tra causa ed effetto.

La Teoria di Gaia prevede che la vita e quella che si potrebbe normalmente definire la parte inanimata del pianeta, siano strettamente accoppiati a formare un unico sistema nel quale molti anelli di retroazione stabilizzano le condizioni chimico-fisiche della terra in modo tale da renderlo un luogo ospitale per la vita stessa.

Per dimostrare che questo tipo di controllo da parte della vita è almeno teoricamente possibile e non implica nessuna pianificazione né intenzionalità nei comportamenti degli organismi terrestri, Lovelock ideò un modello teorico semplificato di Gaia in cui semplici anelli di retroazione permettono l'effettiva autoregolazione del sistema: il pianeta delle margherite (Daisy world). L'evoluzione di questo modello teorico può essere simulata al computer.

Ecco le caratteristiche del modello teorico di questo pianeta mitico:

1. Il pianeta orbita attorno ad una stella simile al nostro sole
2. Il suolo nudo è di un colore di media intensità, né scuro né chiaro
3. Sul suolo umido e fertile dormono semi di due specie di margherite: nere e bianche
4. Le margherite possono crescere fra i 5° e i 40° e il tasso massimo di crescita si ha intorno ai 22 gradi.
5. Come il nostro sole, la stella attorno alla quale il pianeta orbita si scalda man mano che evolve

Considerando il fatto che la temperatura superficiale di un pia-



***L'organizzazione borghese della società è coerente con il modello proposto della concezione del mondo attuale, il Meccanicismo, e per questo risulta vincente. Per la borghesia, il mondo (l'universo), è una macchina che l'umanità, massima espressione dell'evoluzione, ha il compito di utilizzare come meglio crede agendo sugli ingranaggi.***

***In natura, la competizione feroce è la norma e quindi, essendo la vita una lotta all'ultimo sangue per la sopravvivenza, è giustificato anche lo sfruttamento umano e la soppressione dei più deboli.***

neta dipende dal suo effetto albedo, ovvero dalla quantità di luce riflessa nello spazio, è possibile che l'ecosistema di questo pianeta porti all'autoregolazione del clima?

Quella che segue è una descrizione della simulazione al computer di questo sistema.

Quando il calore emanato dalla stella è aumentato in modo sufficiente da innalzare fino a 5° la temperatura della regione equatoriale del pianeta, alcuni semi cominciano a germogliare e a crescere e le margherite scure sono quelle più avvantaggiate perché assorbono più luce e sono quindi più calde della terra brulla (si pensi a quando si indossa un abito nero sotto il sole estivo).

Dopo qualche tempo le margherite nere fioriscono in abbondanza e le margherite chiare scarseggiano.

La vasta estensione di terreno ricoperta dalle margherite scure altera l'albedo del pianeta: il pianeta si scalda.

Ben presto, grazie a questa forte retroazione positiva, la crescita delle margherite scure causa l'aumentare della temperatura fino ad oltrepassare quella ideale per la crescita, almeno nella regione equatoriale, dove a questo punto risultano avvantaggiate le margherite bianche che riflettono la luce e sono quindi più fresche.

Dal momento che le margherite chiare sono le più adatte ad un clima caldo, cominciano a diffondersi e a diventare più numerose di quelle scure, almeno finché il loro effetto di raffreddamento non abbassa la temperatura dell'ambiente.

Alla fine, si raggiunge uno stato stazionario, cioè un equilibrio dinamico di margherite scure e chiare, con un albedo media vicina a quella richiesta per mantenere la temperatura superficiale ad un valore ottimale per la crescita delle margherite.

Man mano che aumenta il calore emanato dalla stella, le margherite scure diminuiscono e si diffonde la popolazione delle margherite chiare mentre la temperatura rimane vicina a quella preferita della dalle margherite.

Alla fine dell'evoluzione della stella, il calore emesso è talmen-

te elevato che nemmeno un pianeta interamente ricoperto di margherite bianche è sufficiente per mantenere un clima tollerabile e il sistema smette di funzionare.

Le margherite cominciano a non crescere più nella regione equatoriale, continuando a prosperare solo ai poli e ben presto, in modo catastrofico, il pianeta muore.

Per tutto il periodo in cui la vita ha prosperato, però, il pianeta ha conservato (regolato!) una temperatura quasi costante attorno a quella preferita dalla vita a fronte di una continua crescita di calore emesso dalla propria stella, la vita si è cioè comportata come un perfetto sistema di controllo del clima grazie agli anelli di retroazione esistenti, senza bisogno di previsione né pianificazione ma solamente seguendo le leggi della selezione naturale.

Il sistema è stato messo alla prova in molti modi e si è sempre dimostrato in grado di superare tutte le prove a cui è stato sottoposto.

Un buon sistema di regolazione deve infatti saper fronteggiare e correggere eventuali disastri.

A questo scopo, nel modello sono state introdotti dei virus che periodicamente e in modo catastrofico provocano la morte del 30% di tutte le margherite esistenti.

Il modello si è dimostrato in grado di superare questa calamità e dopo un periodo di perdita di controllo del clima, l'andamento si è sempre riallineato a quello "originale".

Per tentare di sabotarlo, il modello è anche stato arricchito di altre specie: di margherite di colore neutro con un tasso di crescita superiore alle altre del 5% (perché non devono fare la fatica di sintetizzare il pigmento), con l'introduzione di animali erbivori (conigli) e predatori (volpi).

Le margherite di colore neutro, in un certo senso, barano, perché con il loro colore neutro non contribuiscono attivamente alla regolazione del clima e in più sono avvantaggiate nella crescita.

Tutte le simulazione hanno però dimostrato che le margherite grigie possono prosperare solamente quando il calore emesso dalla stella è ottimale, ovvero, quando non c'è nessun bisogno di regolazione del clima. Nei periodi che precedono e che seguono questo momento felice, le specie che prosperano sono quelle che attivamente riescono a regolare il clima rendendolo più adatto alle proprie esigenze.

Sorprendentemente, né le catastrofi né le nuove specie introdotte hanno avuto seri effetti sulla capacità delle margherite di regolare il clima.

E' stato dimostrato quindi che la regolazione delle caratteristiche chimico-fisiche di un pianeta da parte della vita è possibile, almeno in linea teorica.

Forti di questa dimostrazione, è possibile avventurarsi nella ricerca degli anelli di retroazione che realmente possono agire nella terra, anelli che risiedono in quelli che si possono chiamare i cicli fisiologici (o meglio, geofisiologici), di elementi quali il carbonio, lo zolfo, l'azoto, l'ossigeno e così via.

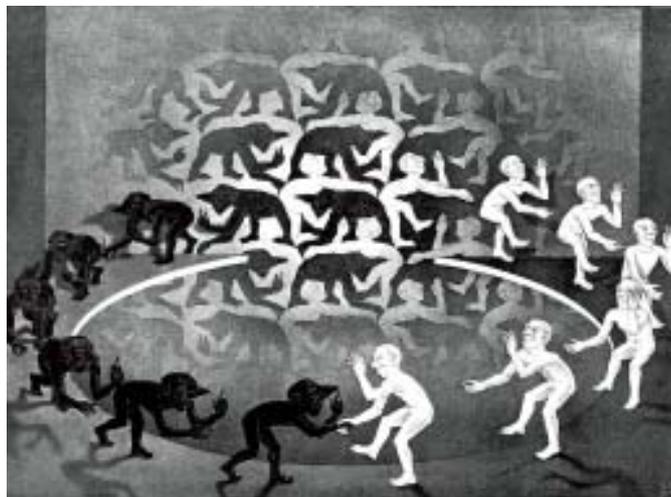
Cicli che, paragonando la terra ad un organismo, costituiscono il metabolismo di Gaia.

### **3 - UN RESPIRO GLOBALE**

Prima di parlare di una cosa complessa come (addirittura), il metabolismo della terra, può essere utile familiarizzare con qualcosa di più intuitivamente vicino alla nostra percezione.

Tutti sanno che il livello di anidride carbonica nell'atmosfera continua ad aumentare da quando l'uomo ha cominciato a bruciare combustibili fossili, forse non tutti sanno però che questa tendenza alla crescita non è l'unico fenomeno interessante legato alla concentrazione di questo composto chimico.

Dal 1958, la concentrazione di anidride carbonica è registrata quotidianamente da un laboratorio posto in cima al vulcano di Mauna Loa, nelle Hawaii. Dagli anni ottanta, poi, si è sviluppata una fitta rete mondiale di centri di misurazione che fornisce



dati molto dettagliati. I dati delle misurazioni di anidride carbonica, possono essere disegnati su un grafico, il quale mostra chiaramente oscillazioni annuali sovrapposte all'andamento crescente della curva, oscillazioni che erano del tutto inaspettate e le cui cause sono state molto studiate in questi decenni. Il grafico oscillatorio della concentrazione di CO<sub>2</sub>, presenta il minimo locale verso ottobre, mentre il massimo viene toccato verso maggio, con un'escursione di un certo rilievo.

Essendo le Hawaii situate in mezzo all'oceano, in balia dei venti che rimescolano continuamente l'aria, si rivelano un punto privilegiato per la rappresentazione dell'aria media dell'emisfero settentrionale e indicano chiaramente che questa oscillazione è un fenomeno globale e non locale.

Nella lista degli indiziati della causa dell'oscillazione, c'erano chiaramente le emissioni dovute ai combustibili fossili, le quali potrebbero subire variazioni stagionali. In realtà è stato calcolato che le emissioni dovute ad attività umane subiscono variazioni stagionali sorprendentemente piccole e sono state quindi scartate dall'elenco dei sospettati.

E' stata fatta l'ipotesi che queste oscillazioni siano legate in qualche modo all'oceano. Questa ipotesi può essere verificata o confutata facilmente compiendo le stesse misurazione alla stessa latitudine di Mauna Loa ma nell'emisfero meridionale. In confronto con l'emisfero settentrionale, infatti, nell'emisfero meridionale si trova pochissima terra emersa e si può dire che ci sia quasi esclusivamente oceano. Queste misurazione hanno fornito dati sorprendenti: l'oscillazione è quasi inesistente, quindi gli oceani non centrano.

Non resta altro quindi che l'alternare prevalere, su scala globale, dei fenomeni della fotosintesi e della respirazione. Nella tarda primavera e in estate, in tutti gli ecosistemi della fascia temperata, l'assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte delle piante rappresenta la parte dominante del bilancio di quello che possiamo definire come un respiro globale.

E' vero che le temperature estive spingono i batteri ad un'attività respiratoria molto intensa, ma l'attività fotosintetica è di gran lunga superiore e il bilancio totale è negativo (la concentrazione diminuisce).

In autunno e inverno, la fotosintesi precipita quasi a zero, mentre l'attività respiratoria, per quanto ridotta dalle basse temperature, ha la prevalenza, riportando il bilancio positivo.

La descrizione di questo respiro globale, ci introduce direttamente ai principi che sono alla base del funzionamento della terra: la descrizione dei flussi dei principali elementi (in questo caso il carbonio), attraverso i sistemi della terra.

La disciplina biologica che si occupa di studiare il funzionamento degli organismi viventi è la fisiologia, una scienza integrata che utilizza principi chimico-fisici per spiegare il funzionamento dei viventi siano essi vegetali o animali, mono o pluricellulari.

In analogia, James Lovelock ha coniato il termine geofisiologia, termine ora ampiamente utilizzato da chi si occupa di teoria di Gaia e di scienze della terra, per indicare la disciplina che si occupa di studiare il funzionamento della terra nel suo complesso, il cui approccio metodologico è paragonabile a quello della fisiologia classica.

Il ciclo di Mauna Loa ci mostra, in modo semplice e intuitivo, la geofisiologia in azione.

#### **4 - I GRANDI ECOSISTEMI: GLI ORGANI DI GAIA**

Normalmente si pensa ad un ecosistema come ad un sistema stabile che si autoperpetua, formato da una comunità di organismi viventi e dal loro ambiente non vivente. Secondo questa visione, gli organismi non alterano il proprio ambiente, ma semplicemente vi si adattano.

Questa visione è splendidamente confermata dalla frase che solitamente accompagna ogni discorso comune sull'ecologia

***Il Meccanicismo si deve a Cartesio, risale al 1600 e ha giustificato la caduta degli assolutismi, ma ormai non è più adatto a descrivere il mondo secondo gli attuali dati osservabili, un cambio di paradigma è quindi inevitabile.***

***E' una concezione del mondo che ha cominciato ad entrare in crisi agli inizi del '900 con le teorie di Einstein e della Meccanica Quantistica e che è definitivamente crollata con le nuove Teorie dei Sistemi, del Caos, della Complessità e, infine, con la Teoria di Gaia.***

---

e sui danni che l'uomo sta facendo alla terra: "quella umana è l'unica specie che modifica il proprio ambiente".

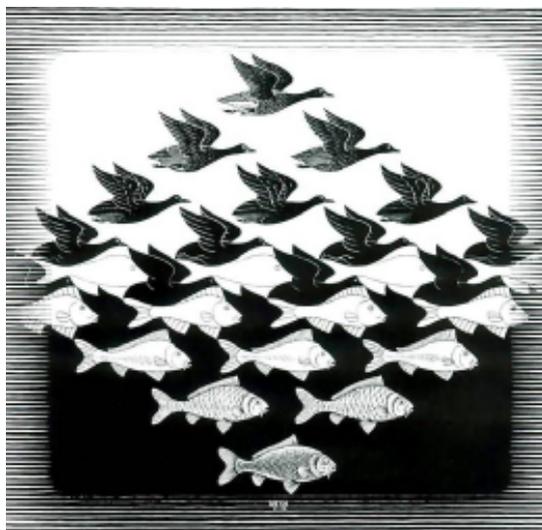
La visione di un ecosistema secondo la teoria di Gaia, invece, considera i due componenti del sistema, quello vivo e quello non vivo, come due forze interattive strettamente collegate, ognuna delle quali modella, influenza e modifica l'altra. La teoria di Gaia dimostra infatti come sia normale che gli organismi viventi, oltre ad essere influenzati dal loro ambiente, lo modifichino attivamente, esattamente come nel pianeta delle margherite.

Gli ecosistemi naturali sono gli organi di Gaia, ognuno di questi possiede una parziale indipendenza, ma non è in grado di esistere se non come parte del sistema Terra. In ogni ecosistema inoltre, il lavoro chimico svolto dalle comunità batteriche è di fondamentale importanza.

E' possibile definire alcuni grandi ecosistemi secondo la loro attività chimica e fisica all'interno del sistema terra. Ad esempio, l'ecosistema delle alghe oceaniche degli oceani glaciali e temperati assume anidride carbonica dall'aria e immette nell'atmosfera composti dello zolfo, dell'azoto, iodio e idrocarburi. E' dimostrato che il dimetilzolfo, uno dei composti dello zolfo rilasciato nell'atmosfera dalla vita oceanica, funge da nucleo di condensazione delle nubi e quindi gioca un ruolo importante nella regolazione globale del clima, influenzando indirettamente l'albedo terrestre. Un fatto che non può non riportare alla mente il pianeta delle margherite.

Lo stesso ecosistema è responsabile, con la caduta di minuscoli involucri di alghe morte, dei depositi di carbonato di calcio dei fondali. Il carbonio depositato in questa forma stabile, è sottratto all'anidride carbonica presente nell'atmosfera e quindi questo processo fa parte di un ciclo di regolazione di questo importante gas serra.

In sostanza, un altro modo in cui questo importante ecosistema



**La scienza contemporanea non descrive più il mondo come una "macchina", ma come "sistema complesso" in cui le relazioni fra le varie parti sono inestricabili. Nei sistemi complessi, le caratteristiche osservabili emergono inaspettatamente e non sono prevedibili studiandone separatamente le singole parti (riduzionismo meccanicista).**

**La biologia moderna, "sistemica", non parla più di evoluzione di una specie, ma di "coevoluzione" degli ecosistemi. Ecco quindi che la competizione perde di importanza a favore di una rete di relazioni che è più appropriato definire "collaborative".**

influenza il clima globale. La retroazione si chiude con il fatto che le alghe crescono più velocemente con temperature più alte, quindi con alte temperature si ha un'accresciuta attività di raffreddamento del clima da parte di questo sistema, mentre con temperature basse, dato il ridotto tasso di crescita, si ha un rallentamento dell'attività di raffreddamento del clima.

Di fatto, in questo ciclo si riconosce un termostato nascosto. Analogamente, sulla terraferma, i grandi ecosistemi batterici svolgono funzioni fondamentali per la chimica gaiana, dalla produzione di gas atmosferici alla fortissima accelerazione dell'erosione delle rocce, erosione che attraverso le reazioni chimiche che la causano, sottrae anch'essa anidride carbonica dall'atmosfera contribuendo alla regolazione del clima.

Le foreste tropicali svolgono apparentemente soprattutto una funzione climatica grazie alla loro capacità di evapotraspirazione di enormi masse di vapore acqueo, mantenendo così nuvoloso e piovoso il clima della regione.

Tutti gli ecosistemi poggiano comunque le loro basi sulle comunità batteriche. Senza i batteri, infatti, l'intero sistema non avrebbe modo di esistere. I batteri si possono dividere in tre grandi gruppi: fotosintetici (produttori di ossigeno, come le piante), consumatori (consumatori di ossigeno, quindi respiratori), e fermentatori (o metanogeni).

I batteri fotosintetici consumano anidride carbonica e acqua e producono ossigeno e materia organica.

I batteri consumatori traggono energia dalla materia organica e dall'ossigeno e liberano anidride carbonica, mentre i fermentatori trasformano materia organica in metano e anidride carbonica.

Questi tre gruppi di batteri sono la parte più importante del sistema terra e per gran parte della storia di Gaia (miliardi di anni), sono stati gli unici organismi viventi regolatori delle caratteristiche chimico-fisiche della terra.



## **5 - LA TEORIA DEL CONTROLLO E LA VITA SULLA TERRA**

Gli esempi descritti mostrano in forma semplificata alcuni dei modi in cui la vita, agendo direttamente sui cicli globali di ricircolo degli elementi, agisce indirettamente anche sul clima, regolandolo.

Nessuno di questi esempi però colpisce l'immaginazione quanto il pianeta delle margherite, nel quale il controllo si deve al gioco continuo dei diversi tassi di crescita di due specie diverse. Quando entrano in gioco più specie, infatti, si comprende subito quanto la complessità dei sistemi (cioè la biodiversità), possa introdurre importanti cicli di stabilizzazione di quell'ambiente in cui noi uomini viviamo così confortevolmente.

Una delle caratteristiche chimiche che si ritrovano sempre mediamente costanti in Gaia è il rapporto tra azoto e fosforo, due elementi fondamentali per la vita.

Negli oceani, il rapporto tra questi due elementi è sempre pari a 7 ed è pari a 7 anche nel plancton marino.

Sulla terraferma le cose si complicano un po', tuttavia questa costante ricorre spesso (ad esempio, il rapporto tra le quantità raccomandate di questi elementi nella dieta umana è pari a 7) e si ritrova a livello di interi ecosistemi.

Sembra insomma che questo rapporto si possa considerare in qualche modo una caratteristica della vita.

E' normale quindi chiedersi se la vita è stata plasmata dalle caratteristiche oceaniche, ovvero se la vita si è semplicemente adattata all'ambiente in cui si è evoluta, oppure se, in questo caso specifico, esiste una qualche relazione più stretta fra vita e ambiente tale per cui i rapporti di causa ed effetto si chiudono in un ciclo di retroazione omeostatico.

La parte da protagonista, in questa scena, è tenuta dai batteri fissatori dell'azoto.

Questi importantissimi batteri convertono l'azoto gassoso presente nell'atmosfera in una forma adatta alla vita. Senza la fissazione dell'azoto, sulla terraferma scarseggerebbe il nutrimento per i vegetali, infatti l'azoto è un componente importantissimo dei fertilizzanti usati in agricoltura.

I batteri fissatori dell'azoto riforniscono quindi l'oceano di questo elemento recuperandolo direttamente dall'atmosfera. Questa però è un'attività che ha un costo metabolico molto elevato, si può dire in un certo senso che questi batteri compiono un grosso sforzo fisico continuo.

Questo, si traduce nel fatto che i batteri azotofissatori possono proliferare solamente in condizioni di carenza di nutrienti disciolti, ovvero quando scarseggia azoto e quindi gli altri tipi di batteri si trovano in situazioni di carenza.

In particolare, si può dire che si ha carenza di azoto quando il suo rapporto con il fosforo è minore di 7.

In questo caso, i batteri fissatori dell'azoto lasceranno una progenie più numerosa di tutti gli altri in quanto più adatti ad un ambiente povero.

Avviene però che proliferando, elevano la quantità di azoto disponibile nell'oceano fino a quando questo rapporto non raggiunge o addirittura supera il valore di 7. A questo punto, tutti i batteri che non si devono sobbarcare la fatica della fissazione dell'azoto risultano più avvantaggiati degli azotofissatori e cominciano a proliferare al posto dei primi che, quindi, contribuiranno con una minore fornitura di azoto per l'oceano.

Se l'azoto dovesse ricominciare a scarseggiare, ovvero se il rapporto con il fosforo dovesse tornare ad essere inferiore a 7, i batteri azotofissatori ritornerebbero ad essere avvantaggiati e ricomincerebbero a pompare questo elemento da quell'enorme serbatoio che ne è l'atmosfera.

Per completare il quadro bisognerebbe complicare la scena considerando i tradizionali flussi geologici dell'azoto e l'attività dei batteri cosiddetti denitrificanti che compiono l'attività opposta degli azotofissatori, ma tutti questi altri flussi non incidono in modo sostanziale sull'omeostasi descritta.

## 6 - COMPETIZIONE O... COLLABORAZIONE?

### EQUIVOCI SU DARWIN

Come è stato accennato, le prime critiche alla teoria di Gaia erano basate sulla considerazione che l'omeostasi sarebbe possibile solamente tramite simbiosi dei vari organismi terrestri, i quali, non solo avrebbero dovuto collaborare attivamente, ma addirittura pianificare i loro interventi.

In realtà si è visto che la pianificazione non è assolutamente necessaria per l'omeostasi: essa è una proprietà emergente del sistema e le critiche sono state confutate sul campo.

Tuttavia, queste critiche fatte da eminenti biologi e la credenza popolare che l'evoluzione sia una lotta all'ultimo sangue in cui solo i più forti sopravvivono, suggeriscono la necessità di approfondire il tema centrale della simbiosi e della collaborazione, che si dimostrano invece essere le spinte evolutive più forti ed efficaci.

La "sopravvivenza del più idoneo", un motto coniato dal filosofo Herbert Spencer (1820-1903), venne utilizzato dagli imprenditori della fine dell'Ottocento per giustificare miserabili pratiche come l'impiego di manodopera infantile, il commercio degli schiavi e il ricorso a condizioni di lavoro disumane. Distorto al punto da arrivare a significare che solo il più spietato vince nella "lotta per l'esistenza", il concetto implicava che lo sfruttamento, essendo cosa naturale, era moralmente accettabile.

Darwin, in realtà, si era servito della frase di Spencer non per riferirsi alle abitudini predatorie o alla frusta del padrone, ma al fatto di produrre una discendenza più numerosa!

Idoneo, per l'evoluzione, significa fecondo; il punto vero quindi non è infliggere la morte quanto propagare la vita.

La competizione, in cui vince il più forte, ha avuto molti più commenti da parte della stampa di quanti ne abbia avuti la cooperazione, ma certi organismi apparentemente deboli sono sopravvissuti sulla lunga durata in quanto membri di coalizioni, mentre altri, apparentemente forti, non essendo mai ricorsi all'espedito della collaborazione, sono stati scaricati sul mucchio di rifiuti dell'estinzione evolutiva.

### COOPERAZIONE E COMUNICAZIONE NEL MICROCOSMO

Per comprendere quelle spinte evolutive così mirabilmente guidate dalla collaborazione di cui si sta parlando, bisogna entrare nel microcosmo della vita unicellulare, microcosmo che, come si è già detto, costituisce l'infrastruttura su cui si basa tutta la vita macroscopica.

I batteri sono stati l'unica forma di vita esistente sulla terra nei primi due miliardi di anni, nei quali continuarono a trasformare la superficie terrestre e l'atmosfera, inventando tutti i sistemi chimici miniaturizzati essenziali per la vita: un'impresa che finora l'umanità non è ancora riuscita a replicare.

I batteri, trasferiscono abitualmente e rapidamente differenti frammenti di materiale genetico ad altri individui anche di ceppi molto diversi, e, in qualsiasi momento, ogni battere può utilizzare questi geni accessori i quali, alcune volte, vengono ricombinati con i geni originali della cellula.

La velocità di ricombinazione è di molto superiore a quella della mutazione e per questo i batteri riescono ad adattarsi a cambiamenti ambientali globali in tempi misurati in pochi anni quando esseri viventi non batterici impiegherebbero milioni di anni. Di fatto, tutti i batteri del mondo hanno accesso ad un unico pool genetico e, pertanto, ai meccanismi adattivi dell'intero regno batterico.

Tutte le nostre nuove tecniche di ingegneria genetica, sono già usate da miliardi di anni dai batteri che di fatto, comunicando e cooperando tra loro mediante scambio di materiale genetico su scala globale, formano un "superorganismo" che rende il nostro pianeta fertile e abitabile dalle forme di vita del macrocosmo e in definitiva da noi esseri umani.

*In questo secolo il mondo ci è crollato addosso: l'uomo non è il figlio di un dio, non è il fine ultimo dell'evoluzione e non è il padrone né il "timoniere" del mondo. L'uomo è solo una delle moltissime specie che popolano il pianeta.*

*Non è la più importante, non sarà l'ultima. L'umanità non è "circondata" dalla natura, ma è parte integrante di essa. Adesso il nostro riferimento deve essere l'intero sistema.*

*Non possiamo più chiederci cos'è utile per gli uomini, la domanda deve essere: cosa è utile per il sistema. Se il sistema funziona, i vantaggi saranno anche nostri.*

### SIMBIOSI ED EVOLUZIONE

I batteri e la loro evoluzione sono così ricchi di significato che la divisione fondamentale tra le forme di vita sulla terra non è tra piante ed animali, come si suppone abitualmente, ma tra organismi costituiti da cellule prive di un nucleo ben definito, cioè i batteri (procarioti), e da organismi costituiti da cellule con un nucleo (eucarioti), cioè tutti gli altri esseri viventi, umani compresi.

E' possibile leggere la storia dell'evoluzione dei batteri nell'arco di miliardi di anni grazie a numerosi ritrovamenti di batteri fossili.

Questa documentazione fossile ci riserva non poche sorprese. La transizione biologica tra batteri e cellule nucleate è, infatti, talmente drastica quanto lo sarebbe il primo aeroplano dei fratelli Wright seguito a una sola settimana di distanza da un Concorde.

La scienza ha potuto dare una spiegazione definitiva di questa evoluzione così discontinua, la più spettacolare di tutta la biologia, solo con la scoperta e le successive comprensioni del DNA.

Questa spiegazione si può riassumere in un'unica parola: simbiosi.

Per fare un esempio, le nostre cellule contengono degli organelli (mitocondri), che svolgono la vitale funzione di utilizzo dell'ossigeno: senza questi organelli noi non potremmo vivere.

Questi organelli hanno un loro DNA e si riproducono autonomamente rispetto al resto della cellula ed è ormai chiaro che sono i discendenti degli antichi batteri che nuotavano nei mari primitivi e che hanno inventato la respirazione dell'ossigeno.

Ad un certo punto, questi batteri, probabilmente mangiati ma non digeriti da altri microrganismi, hanno fissato la loro dimora all'interno di cellule ospiti, provvedendo all'eliminazione delle scorie e al rifornimento di energia derivata dalla combustione di ossigeno.



***Solo rinunciando al ruolo che la borghesia ci ha illuso di avere nel mondo possiamo comprendere meglio la realtà, Questo ora è possibile, disponiamo di una nuova cultura, una cultura che per la prima volta possiamo definire collaborativa e dunque... di sinistra! Lo sviluppo di una cultura sistemica è infatti la condizione per modificare il nostro stile di vita (con conseguente diminuzione dei consumi inutili), per la diffusione di una mentalità di pace e per il rispetto delle altre forme di vita, che attualmente consideriamo solamente risorse di esclusivo valore economico... così come la classe dominante considera tutti noi.***

Questi organismi "fusi insieme" si evolverebbero poi in forme più complesse che respiravano ossigeno, fino ad arrivare a formare le moderne cellule che costituiscono i nostri corpi.

Da questo tipo di alleanza simbiotica fra due organismi non si ottiene semplicemente la "somma delle loro parti", ma piuttosto qualcosa di simile alla somma di tutte le possibili combinazioni di queste parti, spingendo l'evoluzione verso direzioni altrimenti inesplorabili.

La simbiosi spiega non solo l'evoluzione di organismi respiratori, ma spiega anche l'evoluzione delle cellule fotosintetiche delle piante tramite simbiosi di microrganismi con gli antichi batteri fotosintetici, e l'elenco potrebbe andare avanti.

Questo tipo di evoluzione simbiotica è stata osservata e sperimentata in laboratorio.

Questi processi simbiotici così spinti, naturalmente, non sono gli unici esistenti, noi membri del macrocosmo interagiamo costantemente con il microcosmo e dipendiamo da esso.

Alcune piante, ad esempio, non riescono a vivere senza la presenza di batteri azoto-fissatori nelle radici e noi stessi abbiamo bisogno di rigogliose comunità batteriche (i famosi fermenti lattici), per poter digerire il cibo, tant'è vero che un buon 10% del nostro peso secco è costituito da batteri indispensabili per la nostra sopravvivenza.

## **OMEOSTASI E COLLABORAZIONE**

Per concludere, si potrebbe affermare che i critici della teoria di Gaia avevano in un certo senso ragione: l'omeostasi della Terra, che si basa ovviamente sulla vita, sembrerebbe avere bisogno della collaborazione e della simbiosi su cui si basa la vita stessa.

I meccanismi che rendono possibile l'evoluzione della vita sono necessariamente gli stessi che rendono possibile l'omeostasi del pianeta, si può quindi affermare che il funzionamento del mondo è basato principalmente sulla collaborazione.



## **7 - GLI ESSERI UMANI E GAIA**

Come si è visto, la credenza che l'uomo sia l'unico animale che modifica il proprio ambiente è profondamente sbagliata, dato che tutti gli organismi viventi contribuiscono a modificare l'ambiente in cui vivono.

E allora, se quando modifichiamo la terra, in teoria, facciamo una cosa del tutto naturale, perché dovremmo preoccuparcelo? Le nostre azioni sono davvero dannose? Non potrebbe essere che in realtà il pianeta, Gaia, sia in grado di garantire la stabilità nonostante tutto il nostro presunto inquinamento?

Dopotutto Gaia, cioè la vita sulla terra, esiste da miliardi di anni e nella sua storia è riuscita a superare brillantemente crisi anche molto gravi.

La prima grave forma di inquinamento planetario, ad esempio, è stata ad opera dei batteri che hanno inventato la fotosintesi e che hanno cominciato ad emettere nell'atmosfera ossigeno, un gas molto tossico che ha creato una crisi ambientale molto grave e messo in difficoltà gli altri organismi viventi.

Da questa crisi ambientale, però, si sono evoluti gli organismi respiratori di cui noi facciamo parte. Si può quindi affermare che, dal nostro punto di vista, la crisi planetaria legata alla comparsa dell'ossigeno, sia stata positiva.

Certo, verissimo. Ma andatelo a dire a tutte quelle specie che rimasero uccise per intossicazione da ossigeno.

Il punto è proprio questo: l'umanità ha proliferato in un certo tipo di configurazione stabile di Gaia, non è detto però che possa trovarsi così perfettamente a suo agio in altre configurazioni, altrettanto stabili, ma diverse!

La teoria di Gaia mostra come l'attività degli esseri umani stia portando gli attuali sistemi di regolazione delle caratteristiche chimico-fisiche della terra oltre i limiti della configurazione da noi conosciuta, e il problema più grave è dato dal fatto che solitamente, nei sistemi complessi, le transizioni tra diverse configurazioni stabili avvengono in modo caotico, non in modo lineare come ci si potrebbe ingenuamente aspettare.

Ma in quale modo gli esseri umani stanno forzando i meccanismi di regolazione della terra?

Innanzitutto, bisogna dire che l'inquinamento è sempre dato dalla quantità.

In natura infatti non esiste inquinamento: il letame prodotto da un bovino al pascolo alimenta e nutre le piante. Il letame prodotto da 100 bovini allevati in un campo troppo piccolo, però, rappresenta un vero e proprio inquinamento e distrugge l'erba di cui gli animali si nutrono.

Il più grande danno che arreciamo alla terra (e dunque la più grande minaccia alla nostra sopravvivenza), è probabilmente costituito dall'agricoltura.

Tra non molto, avremo sostituito più di due terzi degli ecosistemi naturali terrestri con sistemi agricoli, e quando si sostituiscono le foreste naturali con coltivazioni o allevamenti di bestiame, si diminuisce notevolmente la capacità della superficie terrestre di controllare il proprio clima e i processi chimici.

Gli ecosistemi umani con cui si sostituiscono quelli naturali (terreni agricoli e territori urbani), sono vantaggiosi per noi, ma si rivelano pesantemente inefficienti per la regolazione di Gaia. Qualunque tipo di organismo, infatti, per il fatto stesso di esistere, tende ad allontanare Gaia dal suo attuale equilibrio. Tutti gli organismi hanno un metabolismo che di per sé creerebbe situazioni di squilibrio. Un pianeta monocoltura (e l'agricoltura moderna tende verso questa direzione), è quindi un esperimento mentale che non ha possibilità di esistere nella realtà. Certamente, come succede con tutti i sistemi viventi, c'è molta sovrabbondanza e molte cose si possono distruggere e sostituire con ecosistemi produttivi (in termini umani), ma inefficienti (per Gaia) senza eccessive perdite; e tuttavia quella sovrabbondanza di Gaia non è un lusso, perché serve a far fronte a sollecitazioni anomale.

Tutti noi possiamo cavarcela con un solo rene, ma sarebbe

imprudente toglierne uno e venderlo se si deve attraversare il deserto a piedi, affrontando lo stress della disidratazione.

La foresta tropicale mantiene fresca e umida la propria regione; facendo evaporare immense quantità di acqua mantiene una copertura bianca di nubi che riflettono la luce solare e portano la pioggia, contribuendo così al raffreddamento dell'intero pianeta.

L'esempio più noto delle conseguenze della deforestazione è quello di Harrapan, nel Pakistan occidentale. Un tempo la regione era coperta di foreste e soggetta ad abbondanti piogge durante la stagione dei monsoni: un ottimo esempio di ecosistema forestale autosufficiente.

La foresta fu gradualmente abbattuta per fare posto a nuovi pascoli e nuovi campi.

Le precipitazioni nella regione continuarono finché più della metà delle foreste non fu abbattuta, dopodiché la regione divenne improvvisamente arida e anche la foresta restante scomparve.

Adesso la regione è talmente arida che, come semideserto, può mantenere soltanto una piccola percentuale degli abitanti e degli altri organismi che un tempo vi vivevano. E tutta la Terra è un pochino più calda.

In realtà, nessuna delle agonie ambientali a cui stiamo assistendo avrebbe assunto dimensioni percepibili se al mondo ci fossero solo 50 milioni di esseri umani e anche se ce ne fossero un miliardo, questi problemi sarebbero conte-nibili. La po-



polazione mondiale, però, si stabilizzerà su un numero vicino ai 10 miliardi e non c'è più molto tempo per rendersi conto che l'umanità sta andando incontro a rischi molto grossi se non capirà che la natura non è solamente una fonte di risorse e materia di esclusivo valore economico. Quello che è certo è che non è Gaia ad essere in pericolo. E neanche la specie umana rischia più di tanto anche se si verificassero le previsioni peggiori sui cambiamenti climatici per i prossimi decenni. Lo stesso non si può dire però per la società così come la intendiamo: sconvolgimenti climatici bruschi (Abrupt Climate Change, o ACC), di cui si parla recentemente, con conseguente innalzamento di diversi metri degli oceani, possono significarne la fine.

Per concludere con parole di Lovelock:

*"L'essere umano è sul pianeta da almeno un milione di anni, perché dovrebbe estinguersi proprio ora? Le singole civiltà sono invece più fragili. Negli ultimi 5000 anni sono*

*una trentina circa quelle scomparse che hanno lasciato solo ossa, pezzi d'artigianato o scritti dietro di sé. Per questo non c'è nessun motivo di pensare che la nostra civiltà sia imperitura. Unica consolazione: malgrado quello che vediamo oggi, l'intelligenza media dell'uomo aumenta con il passare dei secoli".*

Sarà vero?!

---

## BIBLIOGRAFIA E TESTI CONSIGLIATI

---

### **James Lovelock**

*Gaia: manuale di medicina planetaria* - Zanichelli 1992

### **James Lovelock**

*Le nuove età di Gaia* - Bollati Boringhieri 1991

### **Lynn Margulis, Dorion Sagan**

*Microcosmo* - Arnoldo Mondadori Editore 1989

### **Tyler Volk**

*Il corpo di Gaia - Fisiologia del pianeta vivente* - Utet 2001

### **Fritjof Capra**

*La rete della vita - una nuova visione della natura e della scienza* - Rizzoli 2001

### **Sandro Pignatti, Bruno Trezza**

*Assalto al pianeta - Attività produttiva e crollo della biosfera* - Bollati Boringhieri 2000

### **Gregory Bateson**

*Verso un'ecologia della mente* - Adelphi 1977

### **Gianfranco Minati**

*Sistemica - etica, virtualità, didattica, economia*  
Apogeo 1998

### **Jeremy Rifkin**

*Entropia* - Baldini & Castoldi - 2000

### **Jeremy Rifkin**

*Ecocidio - ascesa e caduta della cultura della carne* - Arnoldo Mondadori Editore 2001

### **Mathis Wackernagel, William E. Rees**

*L'impronta ecologica - come ridurre l'impatto ambientale dell'uomo sulla terra*  
Edizioni Ambiente 2000

---