

<b>Zeitschrift:</b>	Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
<b>Herausgeber:</b>	Società ticinese di scienze naturali
<b>Band:</b>	94 (2006)
<b>Rubrik:</b>	Scienze naturali e visioni emergenti : dal dibattito scientifico alla divulgazione aggiornata. Recensione del ciclo di seminari e conferenze promosso dalla Società ticinese die Scienze naturali in occasione del suo 100 anniversario (1903-2003)

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## EPISTEMOLOGIA DELLE SCIENZE NATURALI: DAL DOMINIO SULLA MATERIA INERTE AL CONTROLLO DELLA VITA E DELLA MENTE

Marcello Cini

**Marcello Cini**, nato a Firenze nel 1923, è attualmente professore emerito all'Università La Sapienza di Roma (già ordinario di Teorie Quantistiche e di Istituzioni di Fisica Teorica). Nella sua attività di ricercatore in fisica teorica si è occupato dapprima di particelle elementari, in seguito, a partire dai primi anni '70, dei fondamenti della meccanica quantistica e dei processi stocastici. In quegli stessi anni ha cominciato a dedicarsi anche allo studio della storia della scienza e dell'epistemologia. Ha pubblicato quasi un centinaio di articoli e di relazioni sulle principali riviste internazionali e sui volumi degli atti di congressi e convegni. Ha scritto numerosi articoli di divulgazione scientifica e di politica della scienza su riviste quali *Sapere* e *Scienza e Esperienza* e sul giornale *Il Manifesto*. È stato vicepresidente della Società Italiana di Fisica, vice-direttore della rivista internazionale di fisica *Il Nuovo Cimento* e direttore del Centro Interdipartimentale di Ricerca sulle Metodologie della Scienza dell'Università La Sapienza. È membro del Comitato Scientifico di Legambiente.



### Titoli tratti dalla bibliografia del relatore:

- CINI M., CICCOTTI G., JONA-LASINIO G. & DE MARIA M., 1976. L'ape e l'architetto. Feltrinelli.  
CINI M. & MAZZONIS D., 1982. Il gioco delle regole. Feltrinelli.  
CINI M., 1990. Trentatré variazioni su un tema. Editori riuniti.  
CINI M., 1994. Un paradiso perduto. Feltrinelli.  
CINI M., 2001. Dialoghi di un cattivo maestro. Boringhieri.

Marcello Cini ha presentato il significato e l'importanza dell'epistemologia<sup>1</sup> nelle scienze naturali. Lo ha fatto illustrando, alla luce dell'intreccio sociale e culturale nel quale la scienza ha operato durante gli ultimi due secoli, come essa sia evoluta nei metodi, ma anche nelle regole e nei criteri di valutazione di ciò che è vero e di ciò che è falso. Gli esempi portati sottolineano quanto forte sia il legame esistente tra scienza, storia e contesto socioculturale, e quali possano esserne le conseguenze.

La relazione di Cini inizia con una premessa essenziale: contrariamente a quanto generalmente si crede, il cammino percorso dalla scienza occidentale non è l'unico possibile. È quindi errato ritenere che la scienza odierna abbia una validità universale. Tuttavia è proprio da questa visione errata della scienza moderna che spesso scaturisce una mancanza di problematicità nei confronti di un nuovo risultato scientifico: si tende infatti a credere che se due scienziati sono in disaccordo, uno dei due deve per forza avere torto.

La scienza infatti non è un processo di accumulazione di

fatti veri che vanno gradualmente a sostituirne di errati attraverso nuove conoscenze accertate; e soprattutto non è, nei suoi fini, un'impresa autonoma dal contesto sociale circostante, né è suddivisa in discipline tra loro indipendenti. La scienza è piuttosto un processo storico in continua evoluzione, che ha subito profonde mutazioni dalle sue origini a oggi.

La scienza non è dunque un'entità al di sopra delle parti, che opera sotto una campana di vetro. Al contrario, essa entra sempre di più nella vita di tutti: dal supermercato al medico, dalla scuola ai canali di informazione di massa. Per questa ragione è importante che tutti siano coscienti del legame esistente tra scienza e società e dei suoi possibili risvolti, al fine di potersi orientare sempre meglio. A questo proposito, la divulgazione scientifica deve aiutarci a capire e a operare le nostre scelte senza darci l'illusione che esistano verità assolute.

### Come è cambiata la scienza nel tempo?

#### Dalle grandi leggi della natura alla complessità

Durante due secoli la scienza ha avuto come obiettivo la scoperta delle grandi leggi della natura, quelle che regolano quanto ci accade attorno. Con Galileo, Newton e La-

<sup>1</sup> Intesa da Cini come «parte della filosofia che studia la natura e il valore della conoscenza scientifica».

place, per citare alcuni esempi, l'idea dominante era che la realtà fosse scritta in un linguaggio matematico e che quindi solo attraverso la matematica si potesse giungere alla verità. Tale approccio è del tutto legittimo, ma anche del tutto arbitrario.

*«Purtroppo tale atteggiamento neoplatonico è ancora presente nel pensiero scientifico odierno. Basti citare Francis Crick (scopritore nel 1953 assieme a James Watson della doppia elica del DNA) quando afferma che, una volta scoperte tutte le componenti, non ci sarà più nulla da scoprire; oppure Richard Dawkins, noto biologo evoluzionista, che ancora negli anni Novanta sosteneva che riuscire a trovare la risposta alla domanda del perché noi e l'universo esistiamo significa decretare il trionfo definitivo della ragione umana, giacché allora si conoscerà la mente di Dio (quindi: giungere a una teoria unificata del mondo scritta in lingua matematica equivarrebbe sostanzialmente a conoscere la mente di Dio).»*

A partire dall'Ottocento, però, nuovi approcci alla conoscenza del mondo e nuove tecnologie permisero di elaborare visioni diverse, che portarono a una lenta crisi della concezione galileiana-newtoniana. Cini ne espone tre momenti significativi.

- Il primo momento di crisi è legato alla scoperta delle leggi della termodinamica di Carnot, che introducendo nella concezione del mondo il concetto di *irreversibilità* si scontrano in modo vivace con i principi newtoniani: si scopre infatti che col passaggio dall'energia termica (fuoco) all'energia meccanica (lavoro) buona parte dell'energia termica si dissipa in calore in modo irreversibile.
- Un secondo momento di crisi è rappresentato dal caso deterministico di Poincaré, che studiando il moto newtoniano in un sistema di tre corpi scopre fenomeni di instabilità dinamica di tipo non lineare: a una variazione minima dell'impulso iniziale può infatti corrispondere un risultato finale molto differente, che cresce esponenzialmente nel tempo, allontanandosi dal moto non perturbato. Un concetto che introduce l'*imprevedibilità* nella teoria deterministica newtoniana.
- Infine, il momento storico di crisi forse più significativo della concezione classica è quello legato alla teoria dell'evoluzione di Darwin. Essa propone infatti una descrizione del mondo fondata su un concetto di evoluzione profondamente diverso da quello di Newton. Per Darwin la *dipendenza dal contesto* è essenziale, in contrapposizione alla scienza newtoniana che ne è invece totalmente isolabile. Nel darwinismo è infatti proprio l'ambiente a selezionare, favorendo la prole di quei genitori che trasmettono ai figli i caratteri che meglio gli si adattano. Ne consegue che, dopo un certo numero di generazioni, la composizione della popolazione sarà mutata e costituita di una maggiore percentuale di individui dotati dei caratteri più favorevoli alla sopravvivenza in quel determinato ambiente.

### **La complessità**

Cini prosegue il suo percorso storico con un balzo nel Novecento. L'inizio di questo secolo segna infatti la nascita di nuove visioni, che aprono la strada verso altrettanto nuovi e importanti concetti quali la *complessità* e la *casualità*.

*«Il fisico Richard Feynman focalizza questa nuova visione quando fa*

*riferimento alla natura come a qualcosa che fa apparire le cose più importanti del mondo reale come conseguenze complicate e accidentali di una molteplicità di leggi naturali. Il termine accidentale è di grande peso, proprio perché introduce il concetto di casualità. Una casualità che non equivale a ignoranza, bensì a vere e proprie leggi e principi del caos».*

Un concetto, questo, che gli scienziati classici dell'Ottocento hanno sempre respinto, convinti che sarebbe bastato indagare sempre più approfonditamente e descrivere con estremo rigore per far sì che il fattore caso potesse essere eliminato.

Non passa molto tempo e, a partire dagli anni Trenta, anche gli scienziati della matematica quantistica ammettono che gli eventi sono strettamente legati al caso. Si scopre infatti che l'aleatorietà è una componente rilevante dell'evoluzione e di come le cose cambiano. Per illustrare questo momento cruciale, Cini cita Stephen J. Gould, paleontologo di fama mondiale e padre, assieme a Niles Eldredge, della teoria degli equilibri punteggiati dell'evoluzione biologica.

Nel suo libro *La vita meravigliosa* Gould presenta un esempio significativo del ruolo che il caso può avere avuto nell'evoluzione. Lo fa descrivendo la composizione di un giacimento di fossili risalente all'inizio del Cambriano (circa 570 milioni di anni or sono). Sulla base delle specie rinvenute nei diversi strati appare evidente, annota Gould, che in un periodo relativamente breve esplose una straordinaria molteplicità di forme diverse di organismi viventi, delle quali però solo alcune sopravvissero alla decimazione che seguì qualche decina di milioni di anni più tardi. Tra le specie presenti nel giacimento ve n'è una, cui è stato dato il nome di *Pikaia*, rappresentata da soli pochi piccoli esemplari insignificanti. Ma questi pochi piccoli esemplari insignificanti mostrano una traccia rudimentale di corda spinale.

*«Secondo Gould, Pikaia è l'anello mancante della nostra storia. Immaginiamo di riavvolgere il nastro della vita e di farlo poi ripartire: avremmo sicuramente di nuovo la vita, ma con forme completamente diverse. Se Pikaia non fosse sopravvissuta, tutti quanti, dai pesci agli uccelli, dalle scimmie agli esseri umani non sarebbero mai esistiti e oggi sulla Terra ci sarebbe una vita completamente diversa. Perciò, se ci poniamo la domanda fondamentale di tutte le epoche: «Perché esistono gli esseri umani?», una parte essenziale della risposta deve essere: «Perché Pikaia sopravvisse alla grande decimazione del Cambriano». Eppure, la sopravvivenza di Pikaia è stato soltanto un evento contingente della storia».*

Il *caso* si rivela quindi essere un fattore essenziale, in grado di determinare il cammino in una direzione piuttosto che in un'altra.

### **La vita si muove al confine tra ordine e caos**

Introducendo il caso nei processi evolutivi, Gould ha fornito un contributo fondamentale alla comprensione dell'evoluzione. Tuttavia, pur non disconoscendone l'importanza, altri scienziati mostrano verso il *fattore caso* un'attitudine più prudente; tra di essi gli esponenti della Scuola di Santa Fè, nel New Mexico. Questi ultimi sono

infatti convinti che «*la vita si sposta sulla linea di confine tra ordine e caos*». Uno di loro, Stuart Kaufmann, mette l'accento sull'aspetto dell'auto-organizzazione e quindi dei vincoli interni.

*«Kaufmann afferma che la vita è caratterizzata dall'ordine, un ordine emergente che racconta di una lotta concettuale nella storia dell'evoluzionismo. E suggerisce che molto dell'ordine degli organismi non sia il risultato della selezione, ma di un ordine spontaneo insito nei sistemi auto-organizzati. L'ordine non è dunque ottenuto combattendo la marea entropica, bensì una proprietà liberamente accessibile, che sta al di sotto della successiva evoluzione biologica. L'ordine degli organismi è naturale e va oltre quello brioso e inaspettato della selezione naturale».*

Non è quindi vero che esiste solo l'evoluzione classica darwiniana (secondo la quale è l'ambiente a esercitare una selezione rigorosa sugli individui) e non è neppure vero che tutto sia dovuto al caso e alla contingenza (come sostiene Gould). Se le scelte praticabili sono in realtà inferiori di numero rispetto a quelle che sarebbero rese possibili dalla pura aleatorietà, il risultato potrebbe di fatto rivelarsi quasi forzatamente un panorama non troppo dissimile da quello odierno. In altre parole: «*Seguendo il pensiero di Kaufmann, se riavvolgessimo e svolgessimo nuovamente il nastro della vita forse ci ritroveremmo al cospetto di qualcosa di familiare*».

Nei sistemi complessi, riassume Cini, dominano processi evolutivi caratterizzati da vincoli che non permettono di prevederne i risultati. Si tratta di un intreccio di determinismo e di aleatorietà, all'interno del quale un processo s'incanala dapprima su binari tendenzialmente deterministicici, ma diviene casuale non appena si trova davanti a una biforcazione (uno scambio): ed è qui che le possibilità aumentano.

Il futuro non è mai riconducibile al passato. Il futuro è sempre aperto: è un ventaglio di possibilità. La scelta dipende sia dal caso sia dal contesto. I sistemi complessi hanno molteplici possibili proprietà che si sviluppano e manifestano in funzione del contesto. Un sistema complesso non può quindi essere descritto senza tenere conto del contesto in cui si trova. E infatti non esiste una descrizione completa di un sistema complesso. È questa la grande differenza tra sistemi fisici e sistemi naturali: i primi possono essere «complicati», i secondi sono sempre «complessi». Per capirci: a differenza dei sistemi naturali, un sistema fisico, per quanto complicato possa essere, può sempre essere smontato in tanti pezzettini e poi rimontato.

*«Un missile, uno shuttle per esempio, è una macchina complicatissima composta di milioni di pezzi, programmata e progettata per funzionare in un modo molto preciso e deterministicamente prevedibile. Un sistema complesso quale una cellula, viceversa, ha un comportamento che dipende essenzialmente dal contesto. In altre parole: le proprietà di un sistema complesso non sono mai riducibili alle componenti degli elementi che lo compongono, come invece accade per una macchina».*

### ***Il collante dei sistemi complessi: l'informazione***

Una ulteriore importante presa di coscienza ha luogo nella seconda metà del Novecento ed è legata all'intuizione che i sistemi complessi sono aggregati da una proprietà chia-

mata *informazione*. L'informazione è una caratteristica di tutti gli organismi viventi. Non solo: è proprio la continua circolazione di informazione tra le sue varie parti a permettere a un organismo di sopravvivere. Se l'informazione non è corretta l'organismo muore (nel caso del cancro, per esempio, entra in circolo un'informazione sbagliata poiché determinati repressori non funzionano più).

Nei sistemi complessi – siano essi individui o ecosistemi – esiste dunque questa sorta di «colla», che non è fatta di materia, bensì di unità di informazione.

### **Validità e verità delle conoscenze scientifiche**

Di grande interesse, tra gli argomenti esposti da Cini, è pure quello legato al concetto di *verità delle scoperte scientifiche*. Ancora oggi esiste un atteggiamento tradizionale, che ritiene il mondo formato di leggi, regole e strutture proprie, e che il compito della scienza sia svelarne i segreti, così come un archeologo, scavando, svela i segreti del passato. Ciò implica l'esistenza di una realtà esterna già completamente strutturata: si tratta solo di scoprirla, osservarla e rappresentarla il più fedelmente possibile.

Negli anni '50-'60 in filosofia, sociologia e storia della scienza comincia però lentamente a farsi strada l'idea che l'uomo stesso influenzi la rappresentazione di questa realtà esterna: che gli strumenti utilizzati per spiegare concetti e astrazione siano frutto delle nostre esperienze e delle nostre convinzioni.

*«Quando Galileo sosteneva che il mondo è scritto in linguaggio matematico e che per intendere la natura occorre imparare il linguaggio in cui la natura è scritta, si riferiva a un modo di leggere e di rappresentare la realtà chiaramente influenzato dalla filosofia, dallo spirito e dalla cultura del suo tempo».*

Un esempio palese di visione divergente della medesima realtà è l'attuale dibattito sulle teorie della mente tra cognitivisti e connettivisti. I cognitivisti propugnano il paragone dicotomico con i computer: il software è la mente, l'hardware è il cervello. I connettivisti rifiutano ogni divisione e asseriscono che la mente «lavora in rete» (la rete neuronale) e che il suo funzionamento deve quindi essere molto più complesso rispetto a quello di un computer.

*«Ogni epoca, ci ricorda Cini, ha avuto il suo modo di estrarre dalla realtà esterna taluni aspetti ritenuti essenziali, trascurando o buttando via gli aspetti considerati superflui».*

Ma perché i modi di vedere la realtà esterna sono così diversi?

Lo sono perché nel corso della storia gli scienziati si sono posti domande completamente diverse. Prima della seconda metà del Novecento il quesito era: «*Perché determinati fenomeni sono uguali?*»; in seguito è divenuto: «*Perché sono diversi?*» Questo dimostra, arguisce Cini, come possano cambiare l'atteggiamento e il modo di affrontare la realtà da parte della scienza.

Col tempo si è dunque assistito a un mutamento radicale nel modo di fare scienza. Dal modello newtoniano della ri-

cerca classica delle grandi leggi, volto a unificare ciò che fenomeni diversi hanno in comune (e trascurando quindi le differenze), si è passati a un atteggiamento completamente opposto, basato sull'importanza di capire le diversità. In sintesi, ciò che caratterizza questo nuovo approccio è la volontà di capire perché esistono sistemi diversi, pur se-structuralmente uguali e regolati dalle stesse leggi, accanto a sistemi completamente identici che possono però manifestare comportamenti del tutto differenti.

## Il rapporto tra scienza e società

Nell'ultima parte della sua relazione Cini affronta un ulteriore capitolo di grande interesse dell'epistemologia: il *rapporto tra scienza e contesto sociale*.

Da ormai qualche decennio gli studi storici, epistemologici e sociologici hanno dimostrato che le regole dei linguaggi scientifici non sono rigide e immutabili, ma cambiano in funzione del clima culturale e sociale dell'epoca.

*«I fatti non sono dati assoluti e aprioristici, ma devono essere interpretati alla luce di un approccio interdisciplinare in grado di descrivere le interazioni con la società circostante e spiegarne gli effetti. In quest'ottica, anche discipline come l'epistemologia, la storia e la sociologia della scienza perdono il loro carattere di settorialità e di incommunicabilità. E perdono anche la loro pretesa di supremazia concettuale dell'una nei confronti delle altre, per diventare fonti complementari e indispensabili di conoscenza che gettano luce da punti di vista diversi su un processo evolutivo che, per essere compreso, deve appunto essere considerato nel suo insieme e nei suoi molteplici aspetti».*

Cini parte dal presupposto che la società è un sistema complesso e che la scienza, intesa come attività «sociale», si trova ad operare in un contesto imprescindibile, rappresentato dalla società stessa. È pertanto prioritario definire *che cosa è la scienza*, non *che cosa fa la scienza*: in altre parole esaminare come muta nel tempo il modo di confrontarsi con la natura da parte degli scienziati; ma anche e soprattutto capire come la società guarda la scienza e come la scienza è influenzata dal contesto sociale.

Analizzando i mutamenti del modo di fare scienza tra il XX e il XXI secolo appare palese che, per effetto del contesto, tre importanti barriere si stanno sgretolando.

La prima è quella *tra scienza e tecnologia*, che oggi di fatto si presentano più che mai intrecciate. Tradizionalmente la scienza è sempre stata considerata separata dalla tecnologia. La scienza attendeva alla scoperta di come è fatto il mondo, mentre la tecnologia mirava all'utilizzazione pratica delle scoperte scientifiche, applicandole per costruire oggetti in grado di soddisfare i bisogni degli uomini e della società. Questa separazione di ruoli sta oggi crollando e la scoperta scientifica è ormai divenuta sinonimo di applicazione immediatamente brevettabile. Ne è un segnale la constatazione che nelle scienze di punta – riguardino esse la vita o la mente – sono sempre più frequenti gli scienziati insigniti del Premio Nobel che con il brevetto delle loro

scoperte si sono arricchiti personalmente o hanno fatto arricchire le industrie per cui lavorano. Un esempio per tutti, tratto dal libro di Paul Rabinoviz *Far scienza oggi*, è quello della scoperta da parte di Kary Mullis della PCR (*Polymerase Chain Reaction*), il procedimento che permette di moltiplicare i segmenti di DNA in numero tale da renderne disponibili quantità macroscopiche: Mullis ricevette il premio Nobel e la sua ditta si arricchi enormemente con il brevetto.

La seconda barriera in via di dissoluzione è quella *tra scienza e valori*. Compito tradizionale della scienza è sempre stato distinguere il vero dal falso, mentre era deputata all'etica e alla morale la distinzione tra il bene ed il male, tra il giusto e l'ingiusto. Oggi anche queste categorie si intersecano nelle scoperte e nell'azione dell'attività scientifica. Ne è una prova l'esistenza di comitati di bioetica cui partecipano medici, teologi, scienziati e filosofi. Ci si è infatti accorti che distinguere tra *ciò che si può e ciò che non si può fare*, tra il bene ed il male, implica una scelta di valori e si intesse inevitabilmente con la categoria *vero o falso*. E come abbiamo appena visto, il *vero o falso* scientifico dipende dal contesto: un conto è infatti fare ricerca su un pezzo di metallo, ben altro è avere come oggetto di studio la materia vivente. Quando gli scienziati operano sulla vita, sugli organismi, sull'uomo e sulla mente umana non è infatti possibile separare la ricerca della verità dai vincoli del vero e del falso, poiché è inimmaginabile pensare di poter separare l'oggetto dallo scopo della ricerca e dal metodo da utilizzare.

La terza barriera che ha già iniziato a sgretolarsi è quella *tra scienza e produzione di merci*. L'economia globale basata sulle leggi dell'economia del capitale sta penetrando ovunque. Tentativi di produrre in modo alternativo sono falliti o hanno mostrato finora uno scarso funzionamento, sebbene le soluzioni giuste probabilmente esistano. Oggi sono considerati merci non solo gli oggetti materiali, bensì anche entità immateriali quali l'informazione, la comunicazione e l'intrattenimento. Fino alla metà del Novecento diventava merce tutto ciò che era composto di molecole. Con la fine del Novecento, e soprattutto nel nuovo Secolo, tendono a diventare merce anche i bit (e quindi l'informazione). A questo proposito Cini cita il sociologo Manuel Castel, che in un suo recente libro sul fenomeno «internet», *Galassia della rete*, affronta il tema del veemente scontro tra Microsoft e i suoi concorrenti, con la prima impegnata a ridurre qualsiasi software a merce e a rivendicarne i diritti di proprietà (mantenendo il segreto industriale e brevettando tutte le pubblicazioni). È certamente uno scontro di cui val la pena seguire gli sviluppi. Esistono infatti fautori del software libero che già oggi producono linguaggi informatici utilizzabili e migliorabili da chiunque (uno per tutti Linux). In questo caso la conoscenza è fruibile a tutti, è libera per tutti e permette una crescita della conoscenza scientifica generale, a differenza dei software legati alla Microsoft che invece le «tarpano le ali» poiché vincolati da brevetti.

Ma qual è la differenza fondamentale tra merci materiali e informazione? «*La differenza*», spiega Cini, «sta nel fatto che se le merci materiali le consumo io non le consumo un altro, mentre i bit possono essere consumati da tutti contemporaneamente». L'alternativa proposta da Linux, ed è un solo esempio, dimostra che più si socializzano le informazioni, più se ne producono. Dal punto di vista della scienza la riduzione a merce della conoscenza acquisita è quindi da considerare un enorme vantaggio per pochi, ma un danno per l'intera comunità.

### Quali prospettive?

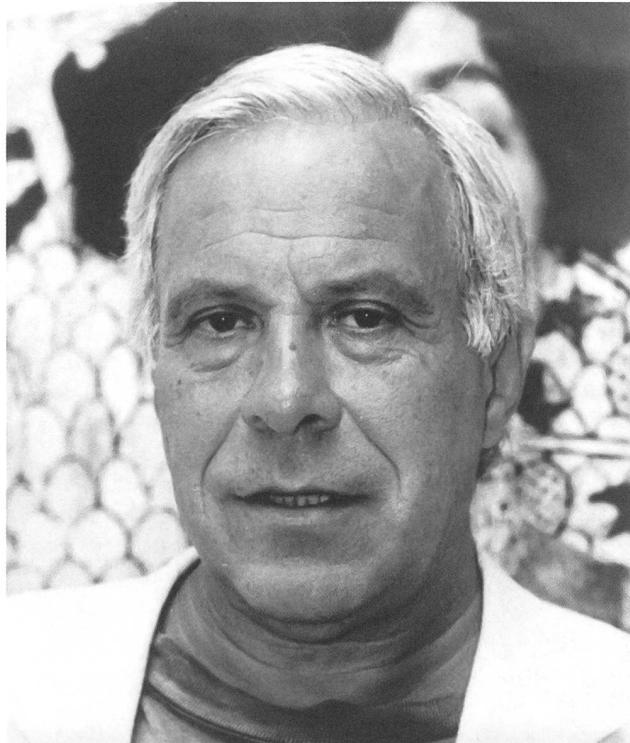
La riflessione con la quale Cini conclude la sua presentazione è quanto meno inquietante.

«*Da parte degli scienziati stessi ci può essere una tendenza a contrastare questa ideologia del brevetto, del rendere tutta l'informazione*

*merce, compresa la conoscenza. Le forze avversarie, le multinazionali, sono però molto potenti. Pensiamo solo ai problemi legati ai medicamenti per il terzo mondo, oppure a tutti i problemi legati agli OGM (gli organismi geneticamente modificati). Qui il problema non è se gli OGM facciano bene o male a chi li consuma, bensì il fatto che essi sono prodotti da multinazionali che mirano a imporre sole 4 o 5 specie di organismi geneticamente modificati al consumo di tutto il pianeta. Ma questo significa che, nel nome delle leggi di mercato, gli altri miliardi di specie che ci sono pervenute come eredità da milioni di anni di evoluzione rischieranno di scomparire. Ciò che il mercato tende a imporre con azioni monopolistiche, riducendo costi e prezzi attraverso l'introduzione degli organismi artificialmente modificati, avrà come effetto una riduzione della varietà delle specie naturali sulla Terra. E questo è pericolosissimo, poiché a un certo momento può succedere come nello Shuttle, la «macchina complicatissima che dovrebbe funzionare perfettamente» di cui abbiamo parlato all'inizio: capita «per caso» un piccolo guasto non prevedibile... ed ecco che essa esplode, creando il grande disastro».*

**UN'INTERPRETAZIONE  
ESTETICO-SCIENTIFICA DELLA NATURA**  
*Enzo Tiezzi*

**Enzo Tiezzi**, nato a Siena nel 1938, laureato in Chimica nel 1963. Professore ordinario di Chimica fisica dal 1979 presso la facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Siena. Postdoctoral research associate presso la Washington University (U.S.A.) al Dipartimento di Fisica (con il Prof. Sam Weissman) e al Dipartimento di Biologia (con il Prof. Barry Commoner). Direttore prima dell'Istituto e in seguito del Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Siena dalla sua costituzione fino al 1987. Dapprima codirettore con Mauro Ceruti ed Edgar Morin e attualmente direttore della rivista internazionale quadrimestrale *OIKOS, per una ecologia delle idee*. Presidente nel 1992 del Comitato Interministeriale per la Ricerca Ambientale (Ministero dell'Ambiente e Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica). Laurea Honoris Causa delle Università di Alma Ata e Sri-Lanka. Membro del gruppo che alla World Bank a Washington ha posto le basi del concetto di «sviluppo sostenibile».



**Titoli tratti dalla bibliografia del relatore:**

- TIEZZI E., 1984. *Tempi storici, tempi biologici*. Garzanti.  
DEGLI ESPINOSA P. & TIEZZI E., 1987. *I limiti dell'energia*. Garzanti.  
TIEZZI E., 1991. *Il capitombolo di Ulisse*. Feltrinelli.  
TIEZZI E., 1995. *L'equilibrio*. Cuen.  
TIEZZI E., 1996. *Fermare il Tempo. Un'interpretazione estetico-scientifica della natura*. Cortina.  
TIEZZI E., 1998. *La bellezza e la scienza*. Cortina.  
TIEZZI E. & MARCHETTINI N., 1999. *Che cos'è lo sviluppo sostenibile?* Donzelli.  
TIEZZI E. & CASSIGOLI R., 2000. *I venti e la rotta. Dialogo sulla Terra nel XXI secolo*. Polistampa.  
TIEZZI E., 2001. *Tempi storici tempi biologici. Vent'anni dopo*. Donzelli.  
TIEZZI E., 2002. *The Essence of Time*. WIT press.  
TIEZZI E., 2002. *The End of Time*. WIT press.

Enzo Tiezzi ha affrontato le tematiche di cui si occupa presso l'Università di Siena ormai da vent'anni. Si tratta di temi presentati per la prima volta nel 1984 nel saggio *Tempi storici, tempi biologici* e ripresi e approfonditi nel 2001 in *Tempi storici, tempi biologici. Vent'anni dopo*. Altri argomenti trattati sono raccolti nel libro *Fermare il tempo* (1996), con la prefazione del premio Nobel per la fisica Ilya Prigogine dell'Università di Bruxelles.

In sintesi, Tiezzi ha dapprima illustrato come, grazie a Prigogine e a Harold Morowitz, fisico americano dell'Università di Yale, la termodinamica sia assurta da scienza delle macchine a scienza della natura e dei sistemi complessi, dove il concetto di tempo assume un'importanza fondamentale, e come solo apparentemente i sistemi biologici siano una manifesta violazione della seconda legge della termodinamica. Sono stati introdotti i concetti di strutture dissipative, di neghentropia e di spartiacque entropico. È stato infine accennato all'interazione tra strutture viventi e strutture chimiche e alla possibilità di que-

ste ultime di autorganizzarsi. Durante la conferenza Tiezzi non si è trattenuto dall'esprimere severe critiche al modo attuale di fare scienza, o meglio tecnoscienza, orientato al profitto e al maggior guadagno, ignorando volutamente il significato di concetti quali etica, solidarietà generazionale, sostenibilità ed estetica. Il suo sforzo, ha sottolineato, è invece diretto a promuovere una «scienza estetica», che privilegi l'aspetto qualitativo della vita, contrapposto a quello quantitativo.

**La fisica dei sistemi viventi**

Il secondo principio della termodinamica, definito da Einstein «la più grande intuizione di tutti i tempi», introduce la funzione dell'entropia, termine coniato da Clausius per misurare il grado di dispersione dell'energia:

*«Le trasformazioni tendono a verificarsi spontaneamente in direzione di un'entropia crescente. Il valore massimo, che corrisponde allo stato*

*di equilibrio di un sistema, viene raggiunto quando l'energia è completamente degradata».*

Per un sistema meccanico l'equilibrio corrisponde alla morte termodinamica, ma completamente differente è il concetto di equilibrio nei sistemi biologici, per i quali esso coincide con uno stato stazionario in cui il sistema si mantiene il più possibile lontano dall'equilibrio termodinamico. I sistemi biologici sembrerebbero quindi una manifesta violazione del secondo principio: presentano infatti strutture estremamente ordinate che evolvono nella direzione di un più elevato ordine, di una minore entropia. Bisogna tuttavia distinguere tra *sistemi isolati* (che non possono scambiare né energia, né materia con l'esterno), *sistemi chiusi* (che possono scambiare energia, ma non materia) e *sistemi aperti* (che scambiano sia energia, sia materia).

Un buon esempio di sistema isolato è rappresentato da una colonia batterica fatta crescere in una soluzione di glucosio. Il glucosio viene dapprima ridotto e successivamente utilizzato per l'accrescimento e la riproduzione, dando vita a nuovi sistemi complessi. A prima vista tale percorso sembra contraddirre la seconda legge della termodinamica; a lungo termine però il glucosio finisce, i batteri muoiono e la materia viene degradata in molecole sempre più semplici generando un aumento di entropia. Nel suo ambiente naturale un organismo vivente è invece un sistema aperto, attraversato da un flusso di materia e di energia che sfrutta per conservare la propria complessità e mantenersi lontano dall'equilibrio termodinamico; per farlo scarica continuamente entropia nell'ambiente esterno. Per i sistemi aperti è quindi fondamentale considerare sia l'entropia negativa, prodotta all'interno del sistema, sia l'entropia positiva, scaricata dal sistema nell'ambiente, e calcolare la variazione totale di entropia che va nella direzione del secondo principio.

Analogo comportamento ha il pianeta Terra che, ricevendo pochissima materia dall'esterno (meteoriti e polveri atmosferiche), può essere invece considerato un sistema chiuso. Esso riceve un'enorme quantità di energia solare ( $5.6 \times 10^{24}$  Joule.anno $^{-1}$ ), la sfrutta per mantenersi vivo e lontano dall'equilibrio e scarica calore, sotto forma di radiazione infrarossa, nello spazio siderale, dove infatti in 4600 milioni di anni la temperatura è aumentata di 3 °C. A questo proposito Tiezzi fornisce l'interpretazione termodinamica di uno dei grandi problemi ecologici del nostro secolo: l'effetto serra. «*A causa dell'aumento della concentrazione di anidride carbonica e di gas serra, che costituiscono la membrana adiabatica che circonda il nostro pianeta, quest'ultimo rischia di trasformarsi in un sistema isolato non più in grado di scaricare entropia all'esterno e quindi soggetto nel tempo ad un aumento di temperatura».*

Su Venere, dove l'atmosfera è costituita per il 96.5% di anidride carbonica, la temperatura (identica all'inizio dell'evoluzione a quella terrestre) ha oggi raggiunto i 450 °C. La termodinamica, non contraddetta nelle sue leggi generali, è stata adattata ai sistemi viventi grazie a Prigogine, che ha studiato i sistemi termodinamici lontani dall'equilibrio, e a Morovitz.

Esistono due categorie di sistemi che hanno fisiche completamente diverse: i *sistemi meccanici*, che tendono automaticamente alla massima entropia e quindi alla morte termodinamica, e i *sistemi viventi*, come i vegetali, l'uomo e gli ecosistemi, che hanno un comportamento opposto. Questi ultimi, come già detto, diminuiscono infatti la loro entropia interna accrescendo la propria organizzazione e aumentano quella esterna scaricando gli scarti del loro metabolismo.

I sistemi viventi si mantengono al di qua dello *spartiacque entropico*, che divide la morte dalla vita, mentre i sistemi inerti lo oltrepassano. I sistemi viventi precipitano nella disorganizzazione della materia solo al momento della morte. Un qualsiasi animale, ad esempio un cervo, fino a quando è in vita è costituito in ogni istante da un certo numero di molecole (proteine, enzimi ecc.) e da una certa quantità di energia. Nel preciso momento in cui muore non ha ancora passato lo spartiacque entropico e dal punto di vista termodinamico l'animale morto è equivalente a quello vivo, con uguale temperatura, massa e numero di molecole. Subito dopo, appena superato il limite dello spartiacque, il cervo inizia a comportarsi come un sistema meccanico: comincia ad essere degradato, aumentando la propria entropia, e tende alla morte termica.

La fisica dei sistemi viventi diventa allora la fisica delle *strutture dissipative*, strutture intelligenti in grado di autorganizzarsi sfruttando i flussi di materia ed energia. La variazione negativa di entropia all'interno dei sistemi viventi viene indicata con il termine di *neghentropia*. Alla domanda, se per un organismo l'avvicinamento alla morte corrisponda a una minore capacità di autorganizzarsi, Tiezzi, scherzando sui propri capelli bianchi, risponde con un esempio: «*Un uomo nei primi 20 anni di vita ha un elevato metabolismo e un rapido accrescimento corporeo, accumula una grande quantità di informazione e quindi, nel complesso, presenta una grande capacità di autorganizzarsi; ma già dai 20 ai 45 anni iniziano a manifestarsi alcuni evidenti segnali di discontinuità, come un rallentamento nel metabolismo o la morte delle cellule».*

Lo stesso vale per la Terra, che pure si comporta come una struttura dissipativa. Inizialmente il nostro pianeta era caratterizzato da un'altissima entropia e non esistevano molecole complesse; in seguito, grazie alla fotosintesi, considerata come il processo neghentropico per antonomasia, hanno cominciato a organizzarsi le strutture viventi: prima i virus, poi strutture sempre più complesse e ordinate. Ora iniziano ad essere evidenti i primi segnali di discontinuità, primo tra questi l'effetto serra.

La nuova *fisica evolutiva* è una scienza agli albori e diversi sono i problemi ancora aperti. Benché tutti siano ormai concordi sul fatto che un sistema biologico debba essere considerato una struttura dissipativa in grado di autorganizzarsi, su tre punti permangono degli interrogativi:

Il pianeta Terra può essere considerato un organismo vivente, accettando quindi l'ipotesi di Gaia di Jim Lovelock e Lynn Margulis? Perché non gli altri pianeti? La Terra va ritenuta una particolarità nell'universo conosciuto?

Le ultime ricerche sembrano sostenere l'ipotesi secondo cui l'ecosistema è un sistema vivente. Un sistema vegetale, ad esempio, ha un'intelligenza le cui connessioni neurali sono rappresentate da reti di ife che non appartengono a una singola pianta, bensì all'intero manto vegetale. Anche

un sistema intero formato dalla somma di più sistemi viventi – si pensi a un lago, a un bosco o a un prato – può essere considerato una struttura dissipativa poiché si autorganizza nel suo complesso.

Anche un sistema semplice, come la molecola dell'acqua, può essere considerato un sistema vivente: studi recenti dimostrano la capacità di alcune strutture chimiche di autorganizzarsi e ne sono un esempio proprio le molecole d'acqua contenute negli organismi viventi.

### La neghentropia nelle strutture dissipative

Anticipando di quasi un secolo Prigogine, questi concetti sono stati introdotti da due grandi della fisica quantistica, scienza in netta contrapposizione con la fisica evolutiva: Ludwig Boltzmann e Erwin Schrödinger.

Boltzmann, che ben conosce la prima legge della termodinamica, sostiene che la lotta per la vita non è una lotta per gli elementi di base, sempre presenti, e neanche per l'energia, che si conserva, bensì per la trasformazione di materia ed energia attraverso il processo fotosintetico. Nella convinzione che la lotta per la vita porti a una riduzione dell'entropia, Boltzmann anticipa di fatto il concetto di neghentropia.

Schrödinger, nel suo libro *Che cos'è la vita*, spiega come l'organismo vivente attragga su di sé un flusso di energia negativa per compensare l'aumento di entropia che produce vivendo e come così facendo riesca a mantenersi a un basso livello di entropia stazionaria. Anche in queste parole è già presente l'idea di neghentropia.

Oggi questi concetti sono meglio noti in termini di strutture dissipative. I sistemi viventi o sufficientemente complessi creano un aumento di entropia generalizzato ma, nel contempo, riescono a utilizzare il flusso di energia e di materia per diminuire la propria entropia: organizzandosi, accumulando informazione, mantenendosi in vita e soprattutto lontano dall'equilibrio termodinamico creano una neghentropia al loro interno.

In termini più strettamente fisici, i medesimi concetti sono stati illustrati da Albert Szent-Györgyi, premio Nobel per la medicina nel 1937, che vede quale sorgente finale di tutta la nostra energia e dell'entropia negativa il Sole. Quando un fotone di energia solare interagisce con una particella di materia sul nostro pianeta, un elettrone viene trasportato a un livello quantico superiore, in uno «stato eccitato»; uno stato che ha peraltro vita brevissima, poiché l'elettrone ricade al livello di base in un tempo di  $10^{-7}$ – $10^{-8}$  secondi, ricedendo immediatamente l'energia appena ricevuta. I sistemi viventi hanno tuttavia imparato a catturare l'elettrone nel suo stato eccitato, a scinderlo dal suo partner e a lasciarlo decadere allo stato fondamentale attraverso innumerevoli reazioni biologiche, utilizzando proprio questa energia per i processi vitali. Alla fine essa viene degradata e diviene energia infrarossa: entropia che viene scaricata nell'universo.

La biosfera può quindi essere definita un sistema lontano dall'equilibrio termodinamico o una struttura dissipativa in contatto con tante sorgenti, la principale delle quali è il

Sole, e tanti serbatoi, tra i quali il più importante è lo spazio siderale cui il pianeta Terra cede la propria entropia. Catturando l'elettrone eccitato e utilizzandone l'energia nella fotosintesi, nel corso dell'evoluzione il nostro pianeta ha diminuito la propria entropia. Morovitz definisce il sistema ecologico globale, cioè la biosfera, come quella parte della superficie terrestre che viene ordinata da un flusso di energia attraverso i processi fotosintetici.

Tiezzi riassume quanto detto in tre assunti fondamentali:

- *Nel corso dell'evoluzione l'entropia dell'universo è aumentata, in accordo con la seconda legge della termodinamica, mentre l'entropia della Terra è diminuita grazie alla dispersione di entropia positiva nello spazio;*
- *L'evoluzione dei sistemi viventi va verso la formazione di sistemi sempre più complessi, quindi in direzione opposta rispetto all'evoluzione di un sistema non vivente;*
- *I sistemi viventi sono portati avanti dalla neghentropia.*

### Rapporto tra energia, entropia e informazione nei sistemi viventi

Le leggi della fisica classica sono deterministiche e reversibili, mentre la termodinamica e l'entropia, come sostiene Prigogine, descrivono la natura da un punto di vista evoluzionario e quindi sono irreversibili. I processi viventi creano entropia negativa o positiva distinguendo tra passato e futuro; il *concetto di tempo* diventa quindi il punto di lettura fondamentale per i sistemi viventi evolutivi. Prigogine cita un articolo di Landsberg, pubblicato su Nature nel '72, che afferma:

«*La prima legge della termodinamica sostiene che l'energia esiste e si conserva, la seconda legge che l'entropia esiste.*»

Secondo l'opinione di Landsberg esistono quindi due concetti completamente diversi: il concetto di energia intesa come funzione di stato conservativa e quello di entropia che non può essere funzione di stato perché distingue tra passato e futuro. Questa visione contrasta con l'idea della fisica classica secondo la quale l'entropia deriva dall'energia ed è considerata funzione di stato.

Si sviluppano di conseguenza due fisiche completamente diverse, ma non in contrapposizione: una si occupa di materia inerte, di energia, di grandezze conservative; l'altra si occupa di evoluzione biologica e introduce il concetto di entropia. Si apre così una nuova visione della scienza, nata circa 25 anni or sono con Prigogine, il cui punto fondamentale viene illustrato da Tiezzi con alcuni esempi.

«*Consideriamo un flusso di energia che colpisce un sistema vegetale. In un primo caso può dare origine a un incendio, che provoca la distruzione delle piante e porta conseguentemente a un grande aumento di entropia. In un secondo caso può invece dare origine alla germinazione di un seme che attraverso la fotosintesi inizia ad autorganizzarsi, diminuendo la propria entropia.*» L'entropia può quindi avere segno positivo o negativo, mentre l'energia non dirà mai se porta alla morte o alla vita.

La non equivalenza di energia ed entropia è resa palese anche dal prossimo esempio: «*Una palla di cannone può distruggere una parete o uccidere un uomo: l'energia in gioco è sempre la stessa, ma nel primo caso la perdita d'informazione è minima (il muro*

*può essere facilmente ricostruito), nel secondo la perdita di informazione in termini di memoria e di cultura è infinitamente più grande.* L'energia non ha dunque nulla a che vedere con l'informazione: quello che conta è la qualità dell'energia, ovvero l'entropia.

Un ultimo esempio chiarificatore: «*Uscendo in giardino, un uomo – con un'energia pari al suo peso – calpesta e uccide un bruco. L'anno successivo l'episodio si ripete, ma nel frattempo una catastrofe ambientale ha completamente estinto le popolazioni di bruchi sulla Terra e quello che l'uomo uccide è l'ultimo esemplare sopravvissuto.*» L'energia impiegata per uccidere il bruco è sempre la stessa, ma nel secondo caso l'informazione persa, in termini di patrimonio genetico, è infinita. Anche in quest'ultimo evento, dal punto di vista dell'energia non vi è dunque differenza alcuna. Ben altra cosa, invece, dal punto di vista dell'entropia: tutta l'informazione (entropia negativa) accumulatasi durante il corso dell'evoluzione è andata persa in modo irreversibile e non potrà più essere recuperata.

Riassumendo in una frase i tre esempi, Tiezzi arguisce con ironia:

«*L'energia è una bellissima cosa, ma è cretina; l'entropia è intelligente.*»

### Il tempo nella fisica del bios

Il tempo è una proprietà intrinseca della materia. Quindi, per il vivente tutte le leggi della fisica basate sulle equazioni reversibili atemporanee della quantistica e della meccanica di Newton non servono.

La scienza occidentale ha inquadrato la natura in regole geometriche e in leggi meccaniciste. Oggi sappiamo che questo non vale per i sistemi viventi, per gli ecosistemi, per gli eventi della biologia e dell'ecologia. La fisica del *bios* deve infatti essere una fisica che non solo consideri l'evento «uccisione del bruco», ma che sia anche in grado di comprendere che tale evento porta via con sé un'informazione genetica ed evolutiva irripetibile.

L'osservazione della Natura ci insegna quindi che *qualità e tempo non sono valori esterni, ma proprietà insite nella materia vivente.* Qualità e tempo hanno svolto un ruolo fondamentale nell'evoluzione biologica, contribuendo al successo evolutivo delle specie e modellando forme di vita. Assunte a fondamento di un'epistemologia del divenire, queste due entità rappresentano oggi, in una visione ecologica sistematica, veri e propri valori di cui tenere conto sia nell'educazione scientifica sia nelle scelte finalizzate a uno sviluppo sostenibile.

Nelle due grandi rivoluzioni culturali della fisica di questo secolo, la teoria quantistica e la relatività, le caratteristiche

delle leggi meccaniciste – reversibilità e determinismo – sono state del tutto inglobate. L'irreversibilità e il ruolo del tempo non vi hanno per contro trovato dignità<sup>1</sup>. Tale omissione porta a uno schizofrenico dualismo scientifico tra essere e divenire, tra descrizione statica della Natura e comportamento irreversibile del vivente.

### La struttura sovramolecolare dell'acqua

A conclusione del seminario, rispondendo alla curiosità del pubblico Tiezzi riprende il discorso, precedentemente solo accennato, sulla struttura sovramolecolare dell'acqua, introducendo così uno dei suoi attuali campi di ricerca. Facendo riferimento alle strutture dissipative di Prigogine, la molecola dell'acqua può essere descritta come una struttura complessa in grado di diminuire la propria entropia autorganizzandosi con i suoi legami idrogeno, quindi come un sistema vivente.

Tiezzi anticipa alcuni risultati ottenuti su questo tema dal suo gruppo di ricerca. Studiando l'equazione di rilassamento e di risonanza magnetica nucleare dell'acqua, in particolare i due tempi di rilassamento (parametri base della risonanza che misurano come il protone dell'acqua ceda energia), è stato osservato che in presenza di sostanze diverse la molecola dell'acqua può variare in direzioni differenti. Tali risultati potrebbero essere utilizzati per dimostrare la validità della medicina omeopatica che almeno su piante e animali (per i quali si può escludere un effetto placebo) sembra funzionare. In uno studio condotto in collaborazione con le Università di Napoli e di Bologna è stato infatti notato come campioni omeopatici, pur se diluiti a un punto tale da non contenere più neppure una molecola di principio attivo, si comportino in modo anomalo alla risonanza magnetica. Questo potrebbe indicare che il principio omeopatico ha strutturato l'acqua e che si è formata una struttura complessa con molti legami idrogeno, ovvero una struttura dissipativa. Il principio attivo avrebbe dunque lasciato un'impronta nella struttura molecolare dell'acqua che, a quel punto, essendo assurta a struttura dissipativa, potrebbe conservarsi anche per milioni di anni. Due sono i presupposti affinché questo avvenga: innanzitutto, che vi sia a monte l'incontro tra la molecola dell'acqua e il principio attivo; in secondo luogo, che sia avvenuta la dializzazione, ovvero che le due soluzioni siano state separate.

Non possiamo che invitare il professor Tiezzi a pubblicare al più presto le sue ricerche, quali sicuri stimoli per un dibattito costruttivo in seno alla comunità scientifica, se non addirittura quali catalizzatrici di una crescita «col botto» della giovane fisica evolutiva.

<sup>1</sup> Il famoso esempio dei gemelli di Einstein basta da solo a mostrare come la teoria della relatività non tenga conto dell'irreversibilità del tempo per i sistemi viventi.

## DALL'EPISTEMOLOGIA DELLA DIFFERENZA ALL'ECOLOGIA DELLA MENTE DI GREGORY BATESON

Giuseppe O. Longo

**Giuseppe O. Longo**, nato a Forlì nel 1941, vive a Trieste dal 1955. Dal 1975 è titolare della cattedra di Teoria dell'Informazione alla Facoltà d'Ingegneria Elettronica dell'Università di Trieste.

Ha presentato relazioni scientifiche a numerosi congressi nazionali e internazionali, ha insegnato e fatto ricerca presso diverse università europee, americane e asiatiche.

Ha al proprio attivo un manuale di *Teoria dell'informazione* (Borin-ghieri, Torino, 1980). Ha diretto il settore Linguaggi del Laboratorio della International School for Advanced Studies (SISSA) di Trieste e il Dipartimento di Informazione del Centre International des Sciences Mécaniques (CISM) di Udine.

È socio dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, dell'Institut International Jacques Maritain e dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere. È membro del comitato di redazione di alcune riviste specialistiche italiane e straniere. Per molti anni è stato recensore per *Mathematical Reviews* e per *Zentralblatt für Mathematik*.

Attualmente si occupa soprattutto di epistemologia, di intelligenza artificiale, di problemi della comunicazione e delle conseguenze sociali dello sviluppo tecnico, pubblicando articoli su riviste specializzate.

Alla ricerca scientifica affianca altre attività: romanziere, traduttore e svolge un'intensa attività di conferenziere. Ha collaborato per molti anni a *Le Scienze*, a *Pluriverso*, a *Télèma* e ad alcune grandi opere dell'Istituto dell'Enciclopedia Italiana. Scrive per *Il Corriere della Sera*, per *Avvenire*, per *L'Indice*, per *Nuova Civiltà delle Macchine* e per *Lettura*. Collabora con la Rai.



**Gregory Bateson** nasce a Cambridge il 9 maggio 1904, figlio di William B., importante naturalista del suo tempo e rettore del St. John College, che Gregory frequenterà fino a ventun anni.

Dopo il college parte per un viaggio alle Galapagos sulle orme di Darwin, ma al ritorno decide di orientare i propri studi verso l'antropologia. La sua dissertazione di Master, dopo varie vicissitudini, si occupa dello studio delle strutture sociali di un popolo di cacciatori della Nuova Guinea. Proseguendo le sue ricerche sul collegamento tra personalità e cultura, si china sulla cultura balinese e partecipa entusiasta alla nascita della cibernetica ad Harvard. Dopo una profonda crisi personale, nel primo dopoguerra, si trasferisce in California e lavora nell'ambito della psichiatria sociale. Da qui inizia un periodo molto fecondo e travagliato che lo porta ad interessarsi di argomenti diversi, ma sempre legati ai temi prediletti della comunicazione, della cibernetica e della Mente quale «*concetto centrale di tutta la biologia*». Dopo aver lavorato alle Isole Vergini e alle Hawaii con i cetacei, ritorna all'Università della California nel 1973, dove istituisce un corso intitolato «*Ecologia della Mente*». Nel 1979, malgrado la salute precaria, riesce a terminare la sua opera «*Mente e Natura*». Muore nel 1980 a San Francisco.

### Titoli tratti dalla bibliografia del relatore:

- LONGO G. O., 1994. L'acrobata. Einaudi.  
LONGO G. O., 1995. Congetture sull'inferno. Mobydick.  
LONGO G. O., 1997. I giorni del vento. Mobydick.  
LONGO G. O., 1998. La gerarchia di Ackermann. Mobydick.  
LONGO G. O., 1998. Il nuovo golem. Come il computer cambia la nostra cultura. Laterza.  
LONGO G. O., 2000. Il fuoco completo. Mobydick.  
LONGO G. O., 2001. Avvisi ai naviganti e altre perturbazioni. Mobydick.  
LONGO G. O., 2001. Homo technologicus. Meltemi.

### Opere di Gregory Bateson in italiano (riferimenti nel testo per il tramite del codice):

- VEM BATESON G., 1972. Verso un'ecologia della mente. Traduzione italiana G. O. Longo e G. Trautteur, 1977, Adelphi.  
MN BATESON G., 1979. Mente e natura. Un'unità necessaria. Traduzione italiana G. O. Longo, 1984, Adelphi.  
DAE BATESON G. & BATESON M.C., 1987. Dove gli angeli esitano. Verso un'epistemologia del sacro. Traduzione italiana G. O. Longo, 1989, Adelphi.  
SU BATESON G., 1991. Una sacra unità. Altri passi verso un'ecologia della mente. A cura di Rodney E. Donaldson. Traduzione italiana G. O. Longo, 1997, Adelphi.

## Gregory Bateson<sup>1</sup>

Antropologo, biologo, filosofo, studioso del comportamento e dell'esperienza in quasi tutti i settori della vita umana, Gregory Bateson ha proposto un modo nuovo di vedere il mondo, una nuova epistemologia.

All'inizio della sua carriera Bateson si è dedicato alla ricerca sul campo e alle teorizzazioni nell'ambito dell'antropologia culturale. In seguito ha dato un contributo importante a nuove teorie quali la cibernetica e la teoria dei sistemi, integrandole nelle sue riflessioni. Si è inoltre occupato di psichiatria, di psicoterapia familiare e di comunicazione.

Grazie alla riflessione sui tipi logici si è preoccupato dell'integrazione di tutti i livelli della comunicazione biologica: genetica, individuale, culturale, ecologica.

L'insieme del suo lavoro indica un profondo, continuo interesse volto a chiarire il fondamento della forma e della struttura del mondo vivente. Le sue ricerche abbracciano in questo vasto ambito argomenti apparentemente eterogenei: le configurazioni del mutamento progressivo delle relazioni umane, l'applicazione della teoria dei tipi logici alla storia naturale dell'uomo e alle teorie dell'apprendimento, il ruolo del cambiamento somatico nell'evoluzione, la natura del gioco, la teoria della schizofrenia basata sul doppio vincolo, gli effetti della finalità cosciente sull'adattamento umano, la natura dell'assuefazione, la relazione tra coscienza ed estetica, i criteri del processo mentale, la metastruttura che elimina l'ipotesi dicotomica tra mente e natura.

È stato uno dei grandi precursori di quello che potrebbe essere un mutamento di paradigma fondamentale del pensiero occidentale, contribuendo a evidenziare il passaggio da una biosfera priva di mente a una biosfera germinante nel processo mentale e attraverso di esso.

Fondamento ultimo delle sue ricerche è la nozione di *ecologia della mente*, che ha definito con queste parole:

*«Un modo nuovo di pensare la natura dell'ordine e dell'organizzazione dei sistemi viventi, un corpo teorico unificato, tanto comprensivo da illuminare tutti i settori particolari della biologia e del comportamento. E' interdisciplinare ma non nel senso semplice e ordinario di consentire uno scambio di informazioni attraverso i confini delle discipline, bensì di permettere la scoperta di strutture comuni a molte discipline».*<sup>2</sup>

Questa visione sistemica, organizzata in modo olistico, porterà Bateson alla riflessione sul sacro (*unità sacra*) che comprende etica ed estetica. Fulcro delle sue indagini diventa dunque «l'area d'incontro tra il pensiero filosofico molto

astratto e formale da una parte e la storia naturale dell'uomo e delle altre creature dall'altra». E ne spiega il perché: «Questa area in cui premesse formali e comportamento si sovrappongono è oggi, secondo me, di tremenda importanza. Ci troviamo davanti a un mondo che è minacciato non solo da vari tipi di disorganizzazione, ma anche dalla distruzione dell'ambiente e noi, oggi, non siamo ancora in grado di pensare con chiarezza ai rapporti che legano un organismo al suo ambiente».<sup>3</sup>

Il suo è fondamentalmente un interesse per l'epistemologia (e anche di questo concetto amplia il significato, aggiungendo l'aspetto biologico a quello filosofico); poiché passò tutta la vita a chiarire come vanno pensati i processi mentali di qualsiasi tipo, la sua opera è preziosa per gli studiosi di qualunque settore interessati alle basi epistemologiche della propria disciplina e in particolare della loro ricerca e del loro stesso pensiero.

Nei suoi scritti Gregory Bateson racconta l'evoluzione del suo pensiero. Ma l'ampiezza, la profondità, lo sviluppo, le continue rivisitazioni e precisazioni che tale pensiero caratterizzano rendono ancora oggi questo studioso una figura elusiva, anche per molti di coloro che affermano di conoscerne le opere.

Chi dunque meglio del professor Giuseppe Longo, profondo conoscitore di Bateson e suo traduttore in Italia, avrebbe potuto raccontarci gli aspetti significativi del suo modo di interpretare il mondo? A lui lasciamo volentieri la parola.

## Il metodo della narrazione

Bateson illustra i suoi meccanismi conoscitivi, la sua epistemologia paradossale, mediante storie, aneddoti, esperienze proprie, *parabole*, per portarci da un paradosso iniziale, con un continuo processo quasi gödeliano<sup>4</sup>, entro un sistema sempre più ampio, che include però qualcosa che porterà a un nuovo paradosso, e così via, all'infinito.

Ma perché utilizzare proprio la narrazione? Perché essa apre nuove vie e consente di dire cose che l'articolo scientifico non permette (il saggio scientifico non può essere paradossale!). La narrazione non accetta la riduzione, essa include anche la storia controveattuale. E con l'accettazione e il superamento del *paradosso* apre alla *creatività* ed evidenzia la *complessità*.

## Dalla mappa alla Mente: alcuni concetti-chiave

A partire dagli anni '50 Bateson si china sul problema dell'informazione.

Evidenzia dapprima i limiti della epistemologia classica, del materialismo e del comportamentismo. Sottolinea il carattere riduzionista del modello di Shannon, la sua non esportabilità in una teoria dell'informazione che tenga conto del *contesto* (informazione, comunicazione, ordine e struttura sono concetti con un carattere contestuale: una matematica di tipo riduzionistico applicata a concetti di tipo contestuale comporta un paradosso notevole).

<sup>1</sup> Dall'introduzione di R.E. Donaldson – SU pag. 13 e seguenti. Per un riassunto sintetico sul percorso evolutivo di Bateson, segnaliamo inoltre il contributo di Stefano Brunello: *Al di là delle cose. Un profilo biografico e intellettuale* (1998, in *Attraverso Bateson*, Cortina Edit ore)

<sup>2</sup> SU pag. 17

<sup>3</sup> VEM pag. 488

<sup>4</sup> Si riferisce alla dimostrazione dell'incompletezza di un'ampia classe di teorie formali (Kurt Gödel, 1931)

Bateson esplicita la sua visione dell'informazione basandosi sull'aforisma di Korzybski: «*La mappa non è il territorio*». Una mappa<sup>5</sup> è utile in quanto riduce le infinite differenze. Ne contiene infatti solo alcune: quelle scelte dall'osservatore in funzione dei suoi scopi. Le mappe possono quindi mostrare una gerarchia di precisione (il territorio è il *Ding an sich* di Kant, il procedimento di rappresentazione lo elmina sempre).

Ed ecco la grande novità di Bateson: analogamente alla mappa, anche *l'informazione è una differenza che produce una differenza*. La differenza rilevata dall'occhio viaggia attraverso i circuiti neuronali dando origine a una cascata di ulteriori differenze, che sono codificazione, trasformazioni della differenza iniziale che vengono immagazzinate come informazione. La differenza è quindi l'unità di informazione<sup>6</sup>.

«*Tutta la nostra vita mentale è un gradino più astratta del mondo fisico che ci circonda, ciò significa che abbiamo a che fare non con le grandezze, ma con quelle che i matematici chiamano derivate*»<sup>7</sup>.

Se le differenze, come abbiamo visto, sono alla base del processo della comunicazione, ne consegue che quest'ultima altro non è che una propagazione di differenze (e di «differenze di differenze») attraverso canali di comunicazione che in parte escono dal corpo e in parte sono interni al corpo.

La mente, il mondo dell'elaborazione dell'informazione, non è dunque delimitata dall'epidermide<sup>8</sup>.

Bateson è fondamentalmente monista: esiste un solo mondo, del quale noi possiamo dare descrizioni diverse (guidati dai nostri scopi) e spiegare i fenomeni attraverso principi esplicativi diversi e perfezionabili storicamente. Per evidenziare il suo monismo, per rompere la dicotomia tra mondo esterno e mondo mentale, Bateson ricorre a due concetti gnostici junghiani: il *pleroma* e la *creatura*. Il pleroma è il mondo nel quale gli eventi sono causati da forze ed urti, nel quale le differenze sono implicite, non rilevate. Nel pleroma non ci sono differenze se non c'è un osservatore che le rileva.

Dal canto suo, nel rilevamento delle differenze l'osservatore è sempre guidato dai propri scopi: trasforma quindi l'informazione potenziale in informazione attuale, interpretandola.

Da questa informazione interpretata, da questa interazione tra osservatore e osservato scaturisce quell'insieme di mappe che Bateson, rifacendosi a Jung, chiama appunto *creatura* (creata dall'azione dell'uomo). L'insieme di mappe, la *creatura*, è dunque il risultato di una *interazione costruttiva*: è il mondo visto come mente, il mondo delle idee, delle rappresentazioni, delle differenze. Un mondo dove ci sono differenze anche tra le differenze stesse, e ogni differenza denota una *classificazione*, e tutte le classificazioni sono *gerarchiche* (ogni gradino rappresenta un *sistema*).

È questo, essenzialmente, il mondo visitato da Bateson.

Secondo Bateson, richiama nuovamente Longo, la mente individuale dipende ed è delimitata dagli obiettivi del soggetto e comprende sia i canali di informazione al di fuori dell'epidermide sia la memoria storica e genetica propria dell'individuo. Ciò che noi percepiamo è per Bateson il ri-

sultato di una nostra interazione costruttiva e filtrata del mondo (che chiamerà *filtro creativo*), una costruzione nella quale giocano un ruolo importante sia il *contesto* sia i *circuiti retroattivi*, la nostra dotazione filo- e ontogenetica. Nell'ambito di questa costruzione comunicazionale, il significato del linguaggio dipende quindi dal contesto e a sua volta il linguaggio crea il contesto. La comunicazione, come vedremo in seguito, crea inoltre delle sovrastrutture, dei superorganismi che si adattano meglio all'ambiente grazie a *sequenze causali circolari* (e non a cause finali!). Le menti individuali sono quindi dei sottosistemi della *Mente*. All'interno dell'epistemologia tradizionale, Bateson si pone così fra oggettivismo radicale e idealismo radicale.

### Semplificazione, paradosso, linguaggio

Ci sono discipline, quali la biologia, la psicologia o la sociologia, che non sopportano l'impoverimento della modellizzazione matematica. Vanno perciò narrate: solo l'utilizzo delle parole, in forma ipotetica, metaforica, paradossale è in grado di far balenare la complessità.

«*Dopo la scoperta della circolarità, della retroazione, o più in generale della complessità, non possiamo più permetterci di semplificare la realtà. Dobbiamo rassegnarci a vivere in un mondo complesso, anche a costo di rinunciare a quegli splendidi risultati che la fisica classica ha conseguito grazie alla linealizzazione*<sup>9</sup>. *La spiegazione cibernetica evita amputazioni riduttive e resezioni atomistiche di questo tipo, ma affrontando i problemi in tutta la loro complessità non garantisce affatto di poterli risolvere*».

Viene spontanea una domanda: «*Saremo in grado di costruire una matematica nuova, che possa descrivere la complessità e che allo stesso tempo sia trattabile con gli strumenti che possediamo?*»

È un quesito di cui si sta occupando, per esempio, l'Istituto Santa Fé, dove si affrontano i problemi della complessità alla ricerca di uno strumento formale per modellizzare ciò che per il momento viene soltanto narrato. Immutata permane la necessità di semplificare, di sostituire un modello alla complessità del mondo: per poter sopravvivere, per non perderci, per poter agire e comunicare. La stessa attività percettiva altro non è che una rielaborazione<sup>10</sup> di cui non siamo consapevoli.

Ma perché l'uomo tende a dare del mondo una rappresentazione lineale, non parallela, non circolare, non complessa?

«*Io azzardo una risposta che può sembrare bizzarra: ritengo che questa propensione sia basata sulla circostanza contingente, ma inopponibile, che abbiamo una sola bocca e che siamo quindi costretti a*

<sup>5</sup> Esempio utile alla comprensione: la storia de «L'Imperatore cinese» di Borges

<sup>6</sup> Bateson si riferisce qui a concetti kantiani

<sup>7</sup> SU pag. 457

<sup>8</sup> cfr. gli esempi della macchina termica di Carnot, della sommazione e del prodotto sinaptico in VEM pag. 497

<sup>9</sup> «Si dice che una serie di cause o di argomenti presenta una relazione *lineare* se la successione non torna al punto di partenza. L'opposto di *lineare* è *non lineare*; l'opposto di *lineare* è *ricorsivo*». MN glossario

<sup>10</sup> cfr. le teorie della Gestalt

*parlare in modo sequenziale. Di recente i neurofisiologi hanno cominciato ad informarci che l'attività del cervello si svolge invece in modo parallelo e non sequenziale, come se il cervello avesse molte bocche che parlano tutte insieme: il cervello sembra quindi produrre il pensiero mediante il funzionamento simultaneo di molti moduli o unità di elaborazione. Ma quando vogliamo esprimere con la bocca i risultati delle elaborazioni cerebrali, cioè quando vogliamo comunicare con noi stessi o con gli altri, siamo obbligati a linealizzare, perché tutto deve passare per lo stretto imbuto del linguaggio monodimensionale».*

Ci troviamo quindi in una *situazione paradossale*. «*Viviamo sempre in una sorta di tensione tra espressione e comunicazione: le parole, i codici, le regole grammaticali limitano l'espressione e ci allontanano da una possibile verità del pensiero; eppure, è proprio questa continua tensione dinamica tra espressione e comunicazione a creare continuamente la lingua*».

Il linguaggio contribuisce a creare il mondo, così come il mondo contribuisce a creare il linguaggio. È il modo in cui parliamo struttura fortemente il mondo che noi percepiamo. I creativi, i visionari, gli artisti risolvono questa tensione rompendo le regole: si avvicinano forse maggiormente alla vera vita interiore? Tale situazione paradossale è vissuta non da ultimo anche nella scuola: insegnare le regole e/o permettere la creatività? Per Bateson «*innovazione senza conservazione è follia, conservazione senza innovazione è morte*».

### Ecologia della mente: Mente, sacro, etica, estetica

«*La mente individuale è immanente, ma non solo nel corpo: essa è immanente anche in canali e messaggi esterni al corpo; vi è una più vasta Mente di cui la mente individuale è solo un sottosistema. Questa più vasta Mente è paragonabile a 'Dio', ed è forse ciò che alcuni intendono per 'Dio', ma essa è ancora immanente al sistema sociale totale interconnesso e nell'ecologia planetaria*»<sup>11</sup>.

Per Bateson la *Mente* è un'unità sistemica, un insieme di parti in interazione.

La relazione è più importante delle cose: «*Non si devono contare le cose che stanno in relazione bensì le relazioni, non i termini della relazione ma le relazioni*»<sup>12</sup>.

Ogni relazione è sorretta e gestita dalle differenze, cioè dall'informazione: la *Mente* è un sistema comunicante e, grazie alle sorgenti di energia collaterali, agisce e si evolve; ma è un'evoluzione sistemica, olistica.

Bateson parla di *ecologia della mente*: una complessità interattiva retta da una sorta di danza che si autorappresenta.

Questa visione scaturisce dalle sue riflessioni sulla cibernetica; si tratta di un sistema complesso e perciò sorretto dai principi di retroazione: non è possibile che una parte comandi il resto perché il resto retroagisce sulla parte. Il mondo è un insieme mentale, evolutivo, sistemico, una struttura comune che è presente in tutte le creature viventi, nei sistemi ecologici, nei sottosistemi: è una *struttura che connette*. Ma se è vero che l'informazione è differenza, è anche vero che il mondo è retto dalla similitudine, dalla somiglianza: «*Ciò che trovo nella sequoia trovo nel granchio, nell'essere umano, nella società, nell'apprendimento, nell'evoluzione*». La conservazione di questa grande tautologia è per Bateson il *sacro*: «*là dove gli angeli esitano*».

Il *sacro* è una combinazione fra idea del reale e metafora, fra consciente e inconsciente, è un gioco di equilibrio fra i due estremi del significato di *sauer* (puro-santo e impuro-empio), dal quale emergono la bellezza e l'azione morale. Il *sacro* è *etico* ed *estetico*, perché – accettata la tautologia – se si guarda il mondo attraverso l'epistemologia biologica si può solo agire in modo etico e sentire in modo estetico (etica ed estetica sono le due facce della stessa medaglia e hanno a che fare con la conservazione del sistema stesso)<sup>13</sup>.

«*Nella creatività la mente è tutta unita, e questa integrazione è uno stretto sinonimo di 'bellezza'*»<sup>14</sup>. Ne consegue che: «*L'uomo agisce in senso morale se non deteriora il più ampio sistema di cui fa parte*»<sup>15</sup>.

Bateson si è sempre sforzato di indagare questo concetto di *sacro immanente*, di trovare il modo per raccontare questa grande tautologia. Si potrebbe ipotizzare che la ricerca del *sacro* si situi nella categoria logica «più alta» dell'apprendimento<sup>16</sup>, quella che può portare alla visione del creativo: «*come se ogni particolare dell'universo offrisse una visione del tutto*»<sup>17</sup>.

È significativo che, a questo proposito, Bateson citi sovente una poesia di William Blake:

«*Vedere il Mondo in un granello di sabbia  
e un Paradiso in un fiore selvatico  
racchiudere l'Infinito nella palma della tua mano  
e l'Eternità in un'ora*».

«*Se uno si dedica seriamente a qualcosa, che sia arte, scienza o altro, ciò a cui si dedica diviene una componente piuttosto conspicua di ciò che gli è sacro. Ma noi scienziati siamo, o dovremmo essere, piuttosto umili riguardo a ciò che sappiamo (...) non pensiamo di conoscere davvero le risposte (...) crediamo sul serio che un giorno conosceremo (...) crediamo che le cose possano essere conosciute. Questo è il nostro sacro, siamo tutti dei Don Chisciotte (...) siamo arroganti quanto a ciò che potremo sapere domani, ma umili perché sappiamo così poco oggi*»<sup>18</sup>.

### Tipi logici, doppio vincolo, finalismo

Per Bateson il *contesto* e la *categorizzazione* sono concetti fondamentali.

Il *contesto* di ciascuna azione è formato dall'intera rete dell'epistemologia e dallo stato di tutti i sistemi implicati, com-

<sup>11</sup> VEM pag. 502

<sup>12</sup> SU pag. 459

<sup>13</sup> cfr. parabola del dio ecologico DAE pag. 215

<sup>14</sup> SU pag. 397

<sup>15</sup> SU pag. 386

<sup>16</sup> VEM pag. 324: apprendimento 3

<sup>17</sup> VEM pag. 353

<sup>18</sup> SU pag. 407

preso la storia che a tale stato ha portato.<sup>19</sup> I singoli contesti si organizzano a loro volta in contesti sempre più ampi, in metacontesti, in metacontesti di metacontesti, e così di seguito.

Lo stesso vale per l'evoluzione, dove il cambiamento è sempre contestuale: sono sempre in gioco le relazioni, non le singole cose.

Questo suo modello è sorretto dalla teoria dei tipi logici proposta da Alfred Whitehead e Bertrand Russell<sup>20</sup> per esorcizzare i paradossi, benché lo stesso Bateson non esiti a precisare che la teoria «è difettosa quando tenta di affrontare i sistemi causali circolari, in cui i corrispondenti delle relazioni logiche sono successioni causali che procedono in circolo (...) Il paradosso di Epimenide<sup>21</sup> viene considerato banale dai logici, ma chi osserva le ‘cose’ (...) sa che il ragionamento di Epimenide è un paradigma delle relazioni presenti in qualunque circuito autocorrettore, come quello del campanello di casa»<sup>22</sup>. Bateson fa qui una critica biologica alla logica, reintroducendo nel suo dominio il tempo: trasformando la logica in causalità. Nel circuito del campanello, per esempio, c'è un'alternanza di stati; mentre il paradosso A e non A in logica è contemporaneo.

Quindi: quando si introduce il tempo nell'aspetto paradigmatico il paradosso scompare e si crea invece un'alternanza di stati.

Per Bateson nella comunicazione e nei processi di apprendimento è essenziale non solo ordinare gerarchicamente l'informazione in livelli logici diversi, ma anche mettere in relazione livelli di tipo logico diversi. Ciò significa che noi non viviamo nel paradosso logico, bensì sempre in una situazione in cui i due stati si alternano.

Importante quindi per Bateson non è tanto il tentativo di uscire dal paradosso, ma il paradosso stesso: è proprio il paradosso a far scaturire qualcosa di nuovo negli esseri viventi (non nei sistemi logici), a far emergere quelle forme di pensiero analogico o metaforico che si rivelano essenziali nell'arte, nella poesia, nell'umorismo, nel gioco, ma anche nell'elaborazione di nuove conoscenze scientifiche. «Forse ogni organismo è prigioniero dell'incapacità di collegare fra loro tutti i livelli logici presenti nei vari messaggi, sicché questi livelli devono essere per così dire fusi insieme, ma può darsi che la lingua renda questa operazione più difficile. Ciò significherebbe che i doppi vincoli sono tanto naturali quanto necessari, immanenti al mondo vivente»<sup>23</sup>.

I *doppi vincoli*<sup>24</sup> – così Bateson definisce i paradossi – sono dappertutto e permettono di spiegare le abitudini, le situazioni comportamentali stereotipate, le situazioni di conflitto, le patologie.<sup>25</sup>

La teoria del doppio vincolo può essere applicata per esempio alla comprensione dell'eziologia della schizofrenia: ripetute situazioni di doppio vincolo provocano la distorsione sistematica della realtà, una situazione che si esprime, tra altro, in una confusione fra reale e metaforico. L'esempio della comunicazione fra una madre anafettiva e suo figlio può farci capire meglio il significato di doppio vincolo come espressione di una situazione di sofferenza e di possibile punto di partenza di patologie: la madre teme le manifestazioni di affetto a causa della sua incapaci-

ità di esprimere slancio emotivo; le sue manifestazioni di affetto e di attenzione sono quindi accompagnate da atti di metacomunicazione verbale e non verbale che fanno emergere la sua paura per un rapporto affettivo impegnativo: «il bambino dunque è punito se discrimina esattamente i messaggi della madre (ritraendosi verrebbe rimproverato per non essere abbastanza affettuoso) ed è punito se li discrimina erroneamente (se si avvicinasse con troppo slancio verrebbe respinto); il bambino è preso in un doppio vincolo»<sup>26</sup>.

Negli anni '50 la teoria del doppio vincolo viene adottata come base per l'intervento terapeutico alla scuola di Palo Alto. Dopo pochi anni Bateson si rende però conto dell'eccessivo credito che i colleghi tendono ad attribuire alla metafora del potere («L'idea stessa di 'curare' non può prescindere dall'idea di potere»<sup>27</sup>) e si allontana da questa prassi per non servire il comportamentismo.

Bateson è infatti diffidente nei confronti del *finalismo cosciente*. Sostiene che in biologia non esiste alcuna variabile che debba crescere fino a prevalere sulle altre: è proprio il gioco tra circuiti di retroazione positiva e di retroazione negativa a condurre alla stabilizzazione. Nella volontà finalistica umana i circuiti di retroazione negativa dovrebbero scomparire tutti (si pensi per esempio alla visione dei politici), mentre secondo Bateson, «ogni variabile anche benefica che in un sistema cresca oltre una certa soglia diventa tossica». Il finalismo cosciente non può quindi rientrare nel quadro armonico tautologico di permanenza dinamica che lui propone come modello della salute di un ecosistema:

«La finalità cosciente ha il potere di turbare gli equilibri del corpo, della società, del mondo biologico intorno a noi. C'è la minaccia di un fatto patologico, di una perdita di equilibrio»<sup>28</sup>.

Dunque neppure il terapeuta è autorizzato a finalizzare il suo lavoro «curando la vittima» con il proprio messaggio, ma anch'egli deve considerare il contesto nel senso ampio, comprensivo di tutto l'ambito delle relazioni: un sistema autocorrettivo organizzato in modo cibernetico e sistematico. Come l'azione in generale, anche il gesto terapeutico non deve quindi essere coscientemente finalizzato, bensì *inconscio e gratuito*.

<sup>19</sup> DAE pag. 266

<sup>20</sup> Principia Mathematica, 1912

<sup>21</sup> Le prime avvisaglie del paradosso del mentitore sono attribuite a Epimenide di Creta (6° secolo a.C.) che avrebbe affermato autoreferenzialmente: «I cretesi sono bugiardi».

<sup>22</sup> DAE pag. 216

<sup>23</sup> DAE pag. 296

<sup>24</sup> da «double bind» = comunicazione nel contesto di una relazione importante sotto il profilo emotivo in cui è presente una contraddizione non riconosciuta fra messaggi situati a livelli logici diversi. NB: bind = legame; tradotto da Longo con 'vincolo' perché il termine contiene il significato di necessità

<sup>25</sup> Il colloquio fra la signora Corry e le sue figlie a proposito del panpepato (da Mary Poppins di Travers, 1934) è un esempio chiaro di doppio vincolo – SU pag. 218

<sup>26</sup> VEM pag. 254

<sup>27</sup> SU pag. 294

<sup>28</sup> VEM pag. 474; vedi anche, a partire dalla stessa pagina, il «Mito del Giardino»: una parola che esemplifica il finalismo cosciente

Bateson esemplifica questo concetto con l'ausilio di alcune parabole. Nella poesia del «Vecchio marinaio», per esempio, il protagonista si libera dell'albatro morto appeso al suo collo dopo aver compiuto un gesto gratuito<sup>29</sup>. Tutto ciò ci riporta alla visione batesoniana del sacro ed evidenzia la circolarità dei suoi ragionamenti.

La sua rivisitazione del doppio vincolo<sup>30</sup>, nel 1969, illustra in modo chiaro la metodologia, la costruzione e la continua rivisitazione dei suoi ragionamenti, non da ultimo sulla base di verifiche sperimentali. Le ricerche sulle categorie dell'apprendimento da lui svolte durante il suo soggiorno alle Hawaii lo portano a individuare anche nelle focene l'esistenza della sofferenza del doppio vincolo e l'importanza del rapporto con l'istruttore: il salto logico in un contesto di condizionamento operante, pur senza lessico e sintassi umana<sup>31</sup>. Grazie a tali indagini Bateson potrà affermare che il doppio vincolo è una situazione ricorrente, un paradigma di comportamento che può portare sì alla schizofrenia, ma anche alla creatività e alla produzione artistica.

### In conclusione

Il pensiero di Bateson è in costante evoluzione, vive continuamente nel paradosso.

Paradossalmente, conclude Giuseppe Longo, si può osare affermare che non c'è un vero pensiero di Bateson.

Valgano allora quale conclusione alcune parole tratte dal discorso da lui indirizzato nel 1979 alla classe politica, prendendo lo spunto da un brano del Libro di Giobbe (XXXIX 1-4):

*Sai tu quando figliano le camozze  
e assisti al parto delle cerve?*

*Conti tu i mesi della loro gravidanza  
e sai tu quando devono figliare?*

*Si curvano e depongono i figli,  
metton fine alle loro doglie.*

*Robusti sono i loro figli...*

«(...) sarei stato molto più contento del mondo in cui vivo e di come la mia civiltà tratterà il mondo (i vari inquinamenti e sfruttamenti del futuro e via dicendo) se avessi avuto la certezza che i miei governatori e i miei rappresentanti conoscevano i mesi della gravidanza delle cerve e l'ora in cui figliano».

<sup>29</sup> cfr. poesia di S. T. Coleridge sull'albatro, DAE pag. 117

<sup>30</sup> «Doppio vincolo 1969» VEM pag. 317

<sup>31</sup> VEM pag. 322

## VERSO UNA TEORIA SEMANTICA DELL'EVOLUZIONE

Marcello Barbieri

**Marcello Barbieri**, nato nel 1940, si è occupato di ricerca scientifica sullo sviluppo embrionale e sulla cristallizzazione dei ribosomi al Medical Research Council di Cambridge, UK, al National Institute of Health di Bethesda, USA, e al Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik di Berlino. Ha insegnato Biofisica all'Università di Bologna, Biologia Teorica all'Università di Torino ed Embriologia Molecolare all'Università di Sassari. Dal 1992 insegna Embriologia presso la Facoltà di Medicina dell'Università di Ferrara. È presidente dell'Associazione Italiana di Biologia Teorica e direttore della rivista *Systema Naturae-Annali di Biologia Teorica*.

Opera principale, che riassume i concetti presentati nella conferenza e nel seminario di Lugano e alla quale abbiamo fatto ampio riferimento per la recensione:

BARBIERI M., 2003. *The organic codes. An introduction to Semantic Biology*. Cambridge University Press.

In italiano è stata inoltre pubblicata nel 2000 la versione precedente dell'edizione inglese, oggi purtroppo esaurita, ma depositata alla biblioteca cantonale del Liceo di Mendrisio grazie a una copia gentilmente regalata dall'autore:

BARBIERI M., 2000. *I codici organici, la nascita della biologia semantica*. Collana Capire la Vita, Editrice PeQuod.

### Titoli tratti dalla bibliografia del relatore:

BARBIERI M., 1981. The ribotype theory of the origin of life. *Journal of Theoretical Biology* 91: 545–601.

BARBIERI M., 1985. La teoria semantica dell'evoluzione. Bollati Boringhieri.

BARBIERI M., 1998. I codici organici: Il meccanismo chiave della macroevoluzione. *Systema Naturae* 1.

BARBIERI M., 1998. Il giallo della teoria semantica. *Systema Naturae* 1.

BARBIERI M., 1999. Verso la logica dello sviluppo embrionale. *Systema Naturae* 2.

Un interrogativo fondamentale è tuttora irrisolto in biologia: «*Se consideriamo che il fenotipo è più complesso del genotipo e che le informazioni lineari del genotipo non contengono una descrizione completa del fenotipo, dobbiamo inevitabilmente chiederci: Come può un sistema vivente aumentare la propria complessità nel corso della sua vita (epigenesi) e trasmettere questa capacità alle generazioni future?*»

Due esempi:

- 1) Le proteine devono le loro proprietà fisico-chimiche alle proprie strutture tridimensionali, ma la tridimensionalità non è contenuta nella sequenza lineare che le ha catalizzate.
- 2) L'embrione aumenta la sua complessità nel corso del suo sviluppo. La comprensione di questo genere di fenomeni non potrebbe fare nuova luce sulla comprensione dei meccanismi evolutivi? Per dare una risposta a questo interrogativo è necessario indagare il fenomeno dell'epigenesi e identificare un modello del suo funzionamento.

Marcello Barbieri esplicita queste riflessioni e propone un modello «meccanico», risolutivo rispetto ai quesiti posti, formulando il problema da un altro punto di vista:



«Come può un sistema aumentare la propria complessità a partire da informazioni incomplete?»

Il modello matematico proposto da Barbieri dimostra che, per realizzare questo aumento di complessità, il sistema deve essere dotato di memorie. Ne consegue una prima ipotesi generale: «In tutte le cellule devono esistere delle memorie organiche».

Ma le informazioni immagazzinate nelle memorie organiche possono essere utilizzate nello spazio reale solo se esistono codici di corrispondenza fra lo spazio memoria e lo spazio reale. Ne consegue una seconda ipotesi generale: «In tutte le cellule devono esistere dei codici organici».

Nel corso della sua conferenza e del seminario Marcello Barbieri ha presentato le ipotesi e le verifiche sperimentali che lo hanno portato a proporre il modello della *biologia semantica*, un lavoro durato decenni, ma purtroppo ancora oggi poco conosciuto.

### Codici biologici

La storia della vita sulla Terra ha visto ai suoi albori la formazione del codice genetico. Da quel momento, per ritro-

vare la formazione di un altro codice si è dovuto attendere l'apparizione dei codici linguistici (culturali) nell'uomo. Secondo i modelli scientifici dominanti attuali, tra questi due momenti non sono comparsi altri codici.

Il codice genetico è caratterizzato dalla specificità tra codone e amminoacido. Nella sintesi proteica la trascrizione della molecola di DNA altro non è che un assemblaggio catalizzato (assemblaggio tra codoni affini, corrispondenti direttamente): si parla appunto di «trascrizione». Per contro, tra l'RNA e gli amminoacidi corrispondenti affiancati nel citoplasma avviene una vera e propria «traduzione», poiché il legame è codificato. Infatti, tra il codone specifico e l'amminoacido corrispondente non esiste (o per lo meno non è finora stata trovata) alcuna relazione di tipo chimico-fisico che ne determini la connessione. Siamo dunque confrontati con un vero e proprio codice, realizzato dai ribosomi (da cui il termine di «teoria ribotipica», utilizzato dall'autore prima di adottare il concetto di «teoria semantica»).

### **Che cosa si intende per codice?**

I codici sono regole di connessione tra due mondi indipendenti, mediate da adattatori. In altre parole, sono restrizioni attuate attraverso l'introduzione di un significato che distingue e caratterizza determinate classi e rende possibile la specificità e la comunicazione.

Codificare significa *creare un significato*. I codici hanno dunque tre proprietà fondamentali:

- 1 – collegano due mondi indipendenti;
- 2 – aggiungono un significato alle informazioni;
- 3 – sono regole di comunità collettive e non arbitrarie.

**Se i codici sono una realtà della vita, perché nessuno li cerca?**  
Purtroppo vige la tendenza di leggere i fatti sperimentali con gli occhiali del modello dominante, condiviso nel momento storico in cui tali fatti si presentano. Nel nostro momento storico il concetto di codice (tolto il caso particolare e isolato del codice genetico) è identificato con i codici culturali, assunti ad elementi distinguenti tra natura e cultura. Questa visione forte, questa idea marcante diventa quindi una barriera culturale quasi invalicabile che ostacola i modelli basati su altri punti di vista o su altre ipotesi di ricerca.

Esistono tuttavia meccanismi in natura, già individuati sperimentalmente, che presentano le caratteristiche tipiche dei codici, ma che non sono stati interpretati come tali: perché si stava cercando altro, ma soprattutto perché non è stata considerata la possibilità di una loro esistenza. È il caso, per esempio, dei meccanismi di «splicing» e di trasduzione.

### **Codice «splicing» (splicing = operazione taglia-e-cuci / assemblaggio)**

Per creare l'RNA-messaggero finale i trascritti primari dei geni nell'RNA vengono trasformati, rimuovendo alcuni pezzi (introni) e saldando nuovamente i pezzi rimasti (esoni). Si tratta di un assemblaggio catalizzato o codificato? La scelta dell'inizio e della fine degli introni è il processo che definisce gli introni stessi e dà quindi loro signifi-

cato. Senza una codifica essi potrebbero dare origine a innumerevoli RNA-messaggeri finali e quindi non essere specifici, mentre in realtà lo sono. E infatti lo splicing avviene grazie a strutture molecolari simili ai ribosomi.

### **Codice di trasduzione dei segnali**

La membrana cellulare separa la cellula dall'ambiente esterno. Da quest'ultimo giunge una notevole quantità di stimoli, i «primi messaggeri», che tuttavia non arrivano ad agire direttamente sui geni. Sono infatti unicamente i «secondi messaggeri» a far la spola tra membrana e nucleo. La trasduzione è la tappa dai primi ai secondi messaggeri attraverso la membrana (mentre dai secondi messaggeri al nucleo si parla di integrazione dei segnali). Esistono centinaia di primi messaggeri (ormoni, neurotrasmettitori, fattori di crescita ecc.), ma i secondi messaggeri attualmente noti sono solo quattro! Eppure sono proprio questi secondi messaggeri a innescare reazioni specifiche e ad essere in grado di distinguere fra decine di migliaia di geni diversi. Ed è stato dimostrato che si tratta di molecole multifunzionali, che agiscono a seconda dell'informazione contestuale della cellula. Siamo dunque confrontati con una trasformazione dei segnali esterni in segnali interni: una trasformazione che deve forzatamente passare attraverso un processo di codifica.

Barbieri accenna anche al fenomeno dell'informazione contestuale, ossia al fatto che la stessa molecola si comporta differentemente a seconda del tessuto in cui si trova. Detto altrimenti: siamo in presenza di circuiti diversi di integrazione dei segnali. Tali circuiti hanno origine nella formazione embrionale, al momento della differenziazione dei tessuti, e diventano caratteristiche permanenti della cellula, ossia una vera e propria «memoria organica».

Ma è possibile affermare che «*esiste una memoria nelle cellule embrionali?*»

In questa breve sintesi basti come risposta l'esempio dei codici «pattern», mentre si rimanda alle opere originali di Barbieri citate in bibliografia per ulteriori approfondimenti.

### **Codici «pattern» (organizzazione spaziale delle strutture / piani corporei)**

In tutti gli animali esistono geni «pattern» che controllano la formazione del piano corporeo durante lo sviluppo embrionale. Questi geni si esprimono in periodi molto precoci dello sviluppo e i loro effetti sulle cellule sono permanenti e condizionano tutta la vita dell'organismo (geni della memoria cellulare).

Per piano corporeo è inteso l'insieme dei caratteri anatomici che definiscono l'organizzazione spaziale degli apparati del corpo (per esempio: i vertebrati hanno scheletro interno, sistema nervoso dorsale e cuore ventrale; gli invertebrati invece scheletro esterno, sistema nervoso ventrale e cuore dorsale). Dalle scoperte di Georges Cuvier all'inizio dell'800 attraverso l'anatomia comparata, l'insieme delle specie animali che hanno lo stesso piano corporeo è detto *phylum* (*phylum chordata* i vertebrati, *phylum arthropoda* gli invertebrati ecc...).

Al concetto di *phylum* giunse nel medesimo periodo anche Karl E. Von Baer, ma attraverso un metodo differente: egli non studiava infatti gli animali adulti, bensì gli embrioni delle diverse classi di vertebrati. A causa di un'inavvertita confusione di campioni e di etichette, Von Baer notò per caso che esiste uno stadio di sviluppo durante il quale gli embrioni di pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi sono praticamente identici. Chinatosi sull'argomento, scoprì che il fenomeno ha valore generale: tutti gli animali possono essere suddivisi in gruppi – oggi chiamati appunto *phyla* – i cui appartenenti passano attraverso uno stadio di sviluppo embrionale in cui sono estremamente simili. Sia chiaro: all'inizio del loro sviluppo gli embrioni dello stesso *phylum* non sono identici, ma convergono verso questo stadio comune, detto filotipico, per poi divergere nuovamente.

Lo stadio filotipico non è dunque solo seguito, bensì anche preceduto da tappe differenti. Per questo motivo lo sviluppo embrionale non va più considerato un processo continuo, che avanza progressivamente dall'uovo fecondato all'organismo adulto. Il nuovo modello presuppone uno sviluppo degli animali in due fasi: la prima porta alla costruzione del corpo filotipico, ed è basata sulle informazioni dei geni e delle cellule; la seconda porta alla costruzione del corpo individuale, ed è basata anche sulle informazioni sovraccellulari del piano corporeo: una sorta di memoria, dunque, originatasi nelle cellule embrionali.

### Epigenesi e sviluppo embrionale

Aristotele fu il primo a occuparsi del problema della generazione e dello sviluppo, ponendo le basi dell'embriologia. Partendo da osservazioni sperimentali sulle uova di gallina, seguendone lo sviluppo giorno dopo giorno, constatò un aumento progressivo della complessità (epigenesi) correlato a una generazione di nuove strutture. Lo studioso spiegò il fenomeno ipotizzando la presenza di un progetto cui «aspira» l'embrione: la *causa finale*.

Nel Rinascimento Malpighi ripeté l'esperimento di Aristotele, disponendo però del microscopio, che permette di osservare strutture altrimenti non visibili all'occhio umano. Alla luce delle sue nuove osservazioni, Malpighi suggerì l'idea che le strutture che appaiono nell'epigenesi siano preesistenti e dunque non generate di volta in volta. Nacque così il preformismo, la teoria ufficiale accettata tra il 600 e il 700. Il fascino di questa teoria, tale da renderla verosimile, stava nella concezione che l'infinitamente piccolo fosse possibile al pari dell'infinitamente grande. Quella del preformismo fu una soluzione tipicamente meccanicistica, corrispondente alla visione del 600. Le idee di Aristotele (la *causa finale*) vennero ritenute a questo punto nebulose e poco scientifiche.

Nell'800 si sviluppò la teoria atomica e con essa la dimostrazione che l'infinitamente piccolo non è possibile o non così facilmente spiegabile. Parallelamente, con lo sviluppo dell'embriologia comparata di Von Baer, si scoprì che durante le prime fasi di sviluppo dell'embrione si forma una sfera concava, caratterizzata dalla presenza di foglietti em-

brionali/germinativi: una rivelazione che confutò definitivamente la teoria del preformismo, smentendo l'ipotesi delle strutture preesistenti a favore di un vero e proprio processo di aumento della complessità durante la crescita dell'embrione.

L'adulto è dunque più complesso della cellula uovo fecondata e il genoma non contiene l'informazione necessaria a creare questa complessità.

A tutt'oggi sono conosciuti solo due tipi di processi in grado di determinare un aumento di complessità:

- 1) l'evoluzione, con un aumento divergente della complessità (l'albero evolutivo di Darwin e il gradualismo filetico o modello degli equilibri punteggiati di Gould e Eldredge spiegano entrambi il principio di divergenza);
- 2) lo sviluppo embrionale, con un aumento della complessità dapprima convergente e poi divergente (vedi sopra).

Ma come può un sistema aumentare la sua complessità? Come può un sistema preinformarsi? Come può l'embrione creare informazione? E infine: come può «convergere» la complessità?

### Epigenesi cellulare

L'informazione genetica è unicamente informazione lineare, ma la funzione delle proteine è determinata dalla sequenza di amminoacidi e dalla loro posizione nello spazio: quindi dalla loro informazione tridimensionale. Le strutture di una cellula sono il risultato della trascrizione dei geni seguita da una serie di assemblaggi, il cui insieme rappresenta una vera e propria epigenesi cellulare. L'informazione genetica è all'origine di queste tappe, ma l'informazione tridimensionale della cellula è di gran lunga superiore.

È una problematica, suggerisce Barbieri, simile a quella che s'incontra in tomografia (nella tecnologia degli scanner): *«Come ricostruire un'immagine tridimensionale completa partendo da informazioni spaziali bidimensionali?»*

Teoricamente non è di fatto possibile ricostruire un'immagine completa disponendo solo di una minima parte dell'informazione, poiché il numero delle incognite è maggiore del numero delle equazioni. Ma in realtà ciò è proprio quanto attua l'embrione.

Per superare l'ostacolo Barbieri ipotizza l'esistenza, accanto alla matrice reale, di una *matrice memoria*, correlata alla prima attraverso un processo interattivo di sviluppo nel corso del quale gli errori accumulati possono essere «memorizzati». L'ipotesi è basata su due premesse:

- che la matrice memoria esista e interagisca con la realtà;
- che sussistano regole di base (convenzioni) sulle modalità di correlazione tra le due matrici (per esempio: se nello spazio memoria accade un certo evento, il medesimo evento si produce anche nella realtà).

La dimostrazione matematica di tale ipotesi, sviluppata da Barbieri nella sua opera principale, *The organic codes. An introduction to Semantic Biology*, suggerisce dunque che nella realtà coesistano, accanto ai codici organici, anche delle *memorie organiche*.

## Meccanismi evolutivi

Secondo il modello della biologia semantica, ogni volta che nell'evoluzione è apparso un nuovo codice, quale regola collettiva, esso ha segnato l'inizio di proprietà interamente nuove in natura, dando origine ai grandi salti evolutivi della macroevoluzione. Ciò spiegherebbe in modo nuovo la discontinuità che caratterizza la paleontologia: l'esempio dell'esplosione di specie del Cambriano, avvenuta in soli 5 milioni di anni, è significativo e, come analizzato a fondo da Barbieri nei suoi lavori, probabilmente proprio da ricondurre a uno di questi salti.

Altri esempi di salti macroevolutivi connessi a codificazioni sarebbero:

- l'apparizione delle cellule eucariote, correlata ai codici «splicing»;
- l'apparizione degli organismi multicellulari, correlata ai codici di trasduzione;
- l'apparizione dei *phyla*, correlata ai codici «pattern».

Anche lo sviluppo della mente può essere interpretato come un ulteriore esempio di salto legato all'apparizione di nuovi codici e quindi riconducibile a quelle *convenzioni naturali* che la natura ha sfruttato durante tutto il corso dell'evoluzione. E lo stesso varrebbe per gli embrioni, che, avendo imparato a sommare alle regole individuali le collettive (per esempio il piano corporeo), sono in grado di generare una maggiore complessità nell'organismo.

Il meccanismo della selezione naturale, deduce quindi Barbieri, non basta da solo, ma deve essere affiancato da un meccanismo di convenzioni naturali, così come l'evoluzione del linguaggio non è avvenuta solo per mutazioni casuali delle parole, ma anche in virtù di convenzioni collettive.

*«L'evoluzione procederebbe dunque sia per convenzioni naturali sia per selezione naturale.»*

## Perché una teoria semantica? Informazione e significato

Con la scoperta dei geni (le molecole dell'eredità) si è introdotta in biologia una dicotomia profonda, paragonabile alla dicotomia mente-corpo cartesiana: la distinzione fra molecole che trasportano istruzioni ereditarie e molecole che trasformano tali istruzioni in strutture visibili. Una distinzione simile a quella che esiste tra un progetto e la sua realizzazione.

Con l'arrivo dei computer i concetti di «software» e «hardware» hanno fornito una base intuitiva formidabile per capire la differenza «logica» fra genotipo e fenotipo, sancendo definitivamente il passaggio dal paradigma energetico/meccanicistico ottocentesco a quello informatico del Novecento.

La scoperta del codice genetico ha però anche dimostrato che non esistono solo assemblaggi molecolari catalizzati (processi informatici), bensì anche assemblaggi codificati (processi semantici):

*«La stessa logica che aveva portato a distinguere fra energia e informazione, ora suggerisce che è necessario compiere un ulteriore passo e distinguere fra energia, informazione e significato.»*

Una logica trinitaria alla quale non sfugge neppure il com-

puter stesso, poiché al «software» e all'«hardware» si deve affiancare il «codeware», l'insieme dei codici umani che lo producono e lo fanno funzionare.

Il codice genetico non sarebbe dunque l'unico codice organico esistente in natura e gli esempi dello «splicing» e della trasduzione dei segnali lo proverebbero. Secondo Barbieri:

*«È logico aspettarsi che la biologia informatica del Novecento sarà superata da una biologia più generale, che terrà conto anche dei processi semantici che esistono in natura e che fanno parte integrante della vita.»*

Il concetto di informazione in fisica e in biologia assume già oggi significati e riscontri completamente differenti. Se in fisica l'informazione è data dalla misura di ordine di un sistema, correlata direttamente alla distribuzione delle probabilità (distribuzione sequenziale meno probabile = informazione più alta, cfr. teoria dell'informazione di Shannon), in biologia l'informazione è determinata dalla specificità (cfr. scoperta del codice genetico da parte di Watson & Crick).

Il significato di quest'ultimo tipo d'informazione diventa determinante. Prendiamo ad esempio la parola APE: per la fisica essa ha un valore determinato immutabile, mentre il suo significato dipende dal tipo di codice applicato (italiano: insetto; inglese: scimmia). La specificità è data dal significato, correlato a sua volta alla convenzione vincolata (non da vincoli arbitrari, bensì collettivi). Dunque, in biologia appare una nuova grandezza fisica: *non più solo energia e informazione, ma anche significato*, quale caratteristica peculiare dell'esistenza di codici. Barbieri propone il termine di *grandezza nominale*.

Secondo Barbieri, la distinzione tra informazione e significato e la definizione del loro status epistemologico possono essere così sintetizzate:

- *L'informazione è la sequenza di elementi che viene prodotta durante un processo di copiatura.*
- *Il significato è l'oggetto che viene associato a un altro oggetto durante un processo di codifica.*
- *L'informazione organica e il significato organico non sono né quantità né qualità. Sono un nuovo tipo di entità naturali che possono essere chiamate entità nominabili.*
- *L'informazione organica e il significato organico sono prodotti da processi biologici diversi: l'informazione organica dai processi di copiatura e il significato organico dai processi di codifica.*
- *L'informazione organica e il significato organico hanno lo stesso status scientifico delle grandezze fisiche poiché sono entità obiettive e riproducibili; ed hanno lo stesso status scientifico delle grandezze fisiche fondamentali poiché non possono essere ridotte a - o derivate da - entità più semplici.*

Ne scaturisce un nuovo confine tra fisica e biologia:

*«Una concezione semantica della vita - una concezione che tiene conto di energia, informazione e significato - deve avere la capacità di offrire spiegazioni alternative in tutti i campi della biologia e, in particolare, deve essere in grado di produrre nuovi modelli per la cellula, per lo sviluppo embrionale e per l'evoluzione. Forse è inevitabile che i primi tentativi siano vaghi e imprecisi, ma non esiste alternativa. È quindi importante fare almeno i primi passi.»*

## OLISMO: VISIONI DEL MONDO QUANDO LA SOMMA DELLE PARTI NON SPIEGA IL TUTTO

Donato Bergandi

**Donato Bergandi**, nato a Roma nel 1958, è dottore in filosofia delle scienze e ricercatore presso il Museo Nazionale di Storia Naturale di Parigi. Laureatosi presso l'Università La Sapienza di Roma con una tesi sul dibattito olismo-riduzionismo nella metodologia scientifica, ha ottenuto il dottorato focalizzando l'analisi sulle ricadute sperimentali di questo dibattito in ecologia (ecologia ecosistemica, ecologia del paesaggio ed ecologia globale). Nel 2001/2002 ha svolto un postdottorato negli Stati Uniti (Florida State University) approfondendo le problematiche dell'emergenza, della filosofia dell'ecologia e dell'etica ambientale. Tra i suoi temi di studio attuali vanno citati, accanto al dibattito transdisciplinare olismo-riduzionismo nelle scienze della vita (ecologia e neuroscienze), le problematiche della «supervenience» e della biodiversità, così come le ricadute del pensiero ecologico sull'etica ambientale.



### Titoli tratti dalla bibliografia del relatore:

- BERGANDI D., 1998. Les antinomies épistémologiques entre les réductionnismes et les émergentismes. *Revue Internationale de Systématique*, 12(3): 225–252.
- BERGANDI D. & BLANDIN P., 1998. Holism vs reductionism: do ecosystem ecology and landscape ecology clarify the debate? *Acta Biotheoretica*, 46(3): 185–206.
- BERGANDI D., 1998. Geography of human societies. pp. 521–533. In: ACOT P. (ed.). *The European Origins of Scientific Ecology*. 2 vols. + CD, Gordon & Breach.
- BERGANDI D., 1999. Les métamorphoses de l'organicisme en écologie: de la communauté végétale aux écosystèmes. *Revue d'histoire des sciences*, 52(1): 5–31.
- BERGANDI D., 2000. L'idée d'émergence. *Science et Avenir* (hors-série), 121, janvier, pp. 70–75.
- BLANDIN P. & BERGANDI D., 2003. La nature avec ou sans hommes? *La Recherche*, hors série, 11(avril): 67–71.
- BERGANDI D., MASSINI G. & PADOVANI L., 2005. Verso la nozione di biodiversità: evoluzione dei principali concetti ecologici. *Energia, ambiente e innovazione*, 51, 3, pp. 38 – 50.
- BERGANDI D. (in stampa). Niveaux d'organisation: évolution, écologie et transaction. In: Premier Congrès de la Société de Philosophie des Sciences. École Normale Supérieur, Paris, 21–22 janvier 2005).
- BERGANDI D. (in stampa). La selezione naturale e il dibattito olismo-riduzionismo. In: ANGELI F. (ed.), FORESTIERO S. & STANZIONE M. Selezione e selezionismi. Firenze.
- BERGANDI D. (in stampa). The classical holism-reductionism-debate from the historical and the philosophical point of view. In: SCHWARZ, A.E. & JAX, K. (eds.). *Handbook of Ecological Concepts*. Kluwer Academic Publishers.

Nell'incontro conclusivo del ciclo dedicato alle idee emergenti nella scienza odierna la parola è affidata a Donato Bergandi, giovane ricercatore che ha fatto della filosofia delle scienze il proprio campo di ricerca. Suoi particolari strumenti di lavoro sono le pubblicazioni prodotte dagli scienziati nei vari campi della scienza. Attraverso l'analisi delle metodologie e delle ipotesi di lavoro in esse contenute, Bergandi cerca di analizzare e distillare criticamente il contesto e l'evoluzione del pensiero scientifico. Un testimone privilegiato, dunque, cui porre un quesito chiave:

«È possibile un approccio non analitico nell'affrontare lo studio dei sistemi complessi?»

O altrimenti: «È possibile mettere in pratica un approccio metodo-

dologico alla complessità che vada oltre l'utilizzazione del metodo analitico tradizionale?»

Bergandi propone la sua risposta illustrando i termini del dibattito tra riduzionismo e olismo. Inizia spiegando l'origine e il significato dei due termini, per poi passare ad evidenziarne le differenze concettuali e metodologiche. Infine ne esemplifica le implicazioni in alcuni tra i temi di ricerca più attuali.

### Riduzionismo

La storia del riduzionismo è intimamente legata allo svi-

luppo di una metodologia estremamente fruttuosa: il metodo analitico-addizionale, cui dobbiamo quasi interamente l'attuale conoscenza del mondo. La visione meccanicistica del XIX secolo e i risultati pratici ottenuti con l'applicazione del metodo e del ragionamento analitico ne confermano l'importanza fondamentale per l'acquisizione di conoscenze.

La prospettiva ontologica soggiacente all'approccio metodologico riduzionista considera le entità di base del mondo come entità discrete nello spazio e nel tempo: una prospettiva quindi di tipo atomistico. Nell'atomismo gli elementi di base possono avere – e hanno – delle interazioni, ma queste non implicano un'interdipendenza strutturale. «*Storicamente, il metodo analitico, concentrandosi sulla suddivisione della realtà e degli oggetti di ricerca in entità che sono, di volta in volta, considerate come fondamentali – fino alla successiva rivoluzione scientifica – si è configurato come uno strumento estremamente utile nel processo epistemico della «previsione» dei processi sotto analisi, e non solamente in quello della «spiegazione» del reale: da qui la sua potenza d'applicazione».*

Una conseguenza epistemologica assai rilevante di questa visione della realtà e di questa metodologia è il fatto che solo alcune discipline scientifiche sono state considerate fondamentali e autonome, dotate di valore intrinseco. Ne è conseguita una gerarchia tra le discipline.

«*Si distinguono le scienze fondamentali da quelle che si occupano di livelli di organizzazione che possono essere ridotti, compresi e spiegati dalle teorie e dalle leggi delle discipline di base.*

In altre parole: al paradigma riduzionista corrisponde l'idea che i fenomeni psico-biologici possano essere compresi fondamentalmente nei termini della chimica e della fisica. Viene quindi sostanzialmente negata un'autonomia teoretica a quelle discipline scientifiche che si occupano peculiарmente proprio dei processi psico-biologici.

## Olismo – Emergentismo

Il termine olismo deriva dal greco *olos*, che significa: tutto, totalità, intero.

Concetti già tipicamente olistici, o per certi versi antesignani di ciò che oggi noi consideriamo essere l'olismo, sono riconoscibili nei più differenti ambiti culturali dei diversi periodi storici. Costellano di fatto la storia della filosofia e delle discipline scientifiche, tanto che possono essere facilmente riscontrati in autori quali Anassagora, Platone, Aristotele, Nagarjuna, Plotino, Giordano Bruno, John Stuart Mill, Kant, Hegel, George Henry Lewis, Charles Darwin, Karl Marx, Ernst Haeckel, Samuel Alexander, Conwy Lloyd Morgan, Charlie Dunbar Broad e, più recentemente, in James Kern Feibleman, Donald Thomas Campbell e François Jacob, per citare solo i più noti. Gli ambiti in cui tali concetti sono stati impiegati sono altrettanto disparati: dalla teologia alla politica, dalla metafisica alla fisica, dalla biologia all'ecologia, dalla psicologia alla sociologia, dall'etica all'economia.

Quale concezione minimalista del significato di olismo è da intendere l'*interdipendenza spazio-temporale, strutturale, ontologica*

*dei cosiddetti elementi*, ossia dei componenti di una totalità, qualunque essa sia. La realtà ultima di una specifica entità (per esempio di un organismo quale l'universo stesso) non è quindi più direttamente riducibile alle entità risultanti dal processo analitico, agli *elementi*. Infatti, secondo la prospettiva olistica tali elementi si troverebbero in realtà in una *dinamica e permanente interrelazione*, che li rende pure astrazioni, al punto che ogni tentativo di considerarli entità dotate di un elevato valore di realtà è destinato all'insuccesso. L'ontologia, la visione del mondo olistica è quindi una concezione di tipo continuistico, relazionale e monistico.

Pur accettando l'utilità del metodo analitico, la prospettiva olistica ne evidenzia dunque i limiti.

«*Più l'analisi permette di identificare la struttura ed eventualmente la funzione immediata degli elementi di base di una determinata totalità, meno è comprensibile la funzione e in definitiva meno pregnante è il senso di tali elementi nel contesto più ampio del processo sotto analisi preso come un tutto».*

In altre parole: «*La compresenza dell'influenza di molteplici livelli d'organizzazione nella determinazione delle proprietà o delle caratteristiche di uno specifico livello d'organizzazione renderebbe vano ogni tentativo di 'ridurre' le proprietà specifiche ('emergenti') di tale livello d'organizzazione alle caratteristiche degli elementi che lo compongono».*

Ne consegue che, dal punto di vista dell'olismo teoretico (generalmente denominato *olismo epistemologico*) non esistono scienze fondamentali. Al contrario: tutte le scienze sono parte di un grande sistema e sono correlate le une alle altre in una relazione di reciproca codeterminazione, senza che ciò implichi necessariamente una concezione gerarchica delle diverse discipline.

L'olismo propugna dunque la strutturale interdipendenza spazio-temporale di quegli elementi che la prospettiva atomistica considera invece entità autonome e indipendenti. L'emergentismo rappresenta a sua volta il fulcro epistemologico dell'olismo contemporaneo. Esso compie di fatto un ulteriore passo avanti e postula l'esistenza delle *proprietà emergenti*: «*Proprietà di uno specifico livello d'organizzazione, che si contraddistinguono per la loro novità, imprevedibilità e irriducibilità rispetto alle proprietà dei livelli d'organizzazione inferiori*».

L'emergentismo afferma dunque che a ogni livello d'organizzazione vigono leggi proprie e proprietà specifiche (emergenti appunto). Per evitare confusioni, Bergandi suggerisce quanto segue:

«È opportuno utilizzare il termine *olismo* in senso stretto per indicare quella filosofia, quell'ontologia secondo la quale esisterebbe un'interdipendenza spazio-temporale dei (cosiddetti) elementi o componenti di una totalità, di uno specifico livello d'organizzazione.

Il termine *emergentismo* andrebbe invece usato in una connotazione più precisa: quando all'interno di una prospettiva ontologica multi-livello è necessario prendere in considerazione non solo i livelli d'organizzazione inferiori, ma anche quelli superiori, poiché sia gli uni sia gli altri partecipano alla determinazione delle specifiche proprietà emergenti di un livello d'organizzazione. L'emergentismo è una visione del mondo la cui conseguenza metodologica diretta è la necessaria, prioritaria integrazione del contesto dell'oggetto di studio in ogni fase ed aspetto del processo di ricerca».

Tutto ciò si concreta in una rinnovata attenzione verso quei livelli di organizzazione superiori che per i riduzionisti non sarebbero portatori di alcuna informazione utile, poiché considerati, in ultima analisi, entità puramente fittizie. Un esempio classico di *emergenza*, molto utile dal punto di vista didattico, è quello dell'acqua: la trasparenza, l'assenza di sapore e la liquidità sono infatti proprietà non prevedibili sulla base delle conoscenze che noi abbiamo sia degli elementi che la compongono – idrogeno e ossigeno – sia delle loro possibili relazioni.

### Confronto tra riduzionismo ed emergentismo

Al giorno d'oggi riduzionismo ed emergentismo condividono alcune premesse di base, in particolare un presupposto di tipo materialistico, e cioè la convinzione che i processi fisico-chimici siano la base di tutti i fenomeni psico-biologici.

Nel XIX secolo e nella prima parte del XX secolo la situazione nel dibattito scientifico era molto più intricata. Il progenitore diretto dell'attuale riduzionismo, il meccanicismo – di origine cartesiana, fondato sul metodo analitico – pur considerando gli esseri viventi *macchine chimiche* (J. Loeb) non disdegnava fare riferimento anche a concetti olistici. Riferimenti olistici sono pure spesso ricorrenti negli scritti di vitalisti quali Driesch e Bergson, che tuttavia, a differenza dei meccanicisti, per spiegare i processi biologici si appellavano anche all'esistenza di principi extra-naturali. Il fatto che sia i meccanicisti sia i vitalisti, pur non condividendo gli stessi presupposti metafisici, usassero concetti olistici, potrebbe lasciarci supporre che tali concetti possano essere considerati una sorta di *opzione d'ordine generale*, senza implicazioni dal punto di vista metodologico. È quindi importante chiarire e sottolineare che – nonostante i presupposti olistici comuni – non esiste alcuna filiazione diretta tra le attuali posizioni emergentiste di tipo materialistico e le antiche posizioni vitalistiche.

Riduzionismo ed emergentismo condividono anche una concezione della realtà multilivello (per il riduzionismo si veda ad esempio il «riduzionismo gerarchico» di Richard Dawkins), secondo la quale il mondo sarebbe costituito di entità inglobatesi le une nelle altre a formare livelli d'organizzazione sempre più complessi.

Le convergenze appena illustrate non devono tuttavia mettere in ombra le sostanziali differenze tra le due filosofie.

Il riduzionismo, vale ribadirlo, è caratterizzato dall'assunzione epistemologica che solo i livelli d'organizzazione fondamentali, cui sono connesse discipline come la fisica e la chimica, sono teoricamente fondatori per l'insieme dei processi biologici. L'emergentismo, invece, pur considerando le leggi della fisica e della chimica sicuramente applicabili alla biologia, sostiene che un'interpretazione della biologia in termini strettamente chimico-fisici sia non solo insufficiente, ma neppure in grado di produrre nuove conoscenze. Questo perché *ogni livello di*

*organizzazione necessita di leggi appropriate e specifiche per quel preciso livello*, visto che ogni livello di organizzazione si caratterizza proprio grazie a proprietà peculiari e assenti in altri livelli. Di conseguenza, le scienze dette fondamentali saranno in grado di spiegare i fenomeni biologici solo se andranno incontro a una profonda trasformazione, tale da renderle in grado di integrare la terminologia, i concetti e le leggi proprie della biologia. Alla semplice riduzione della biologia alla chimica e alla fisica subentrebbe così una sorta di assimilazione reciproca di tali discipline: una trasformazione che rivoluzionerebbe totalmente la chimica, la fisica e la biologia dei nostri giorni.

Una seconda differenza sostanziale tra riduzionismo ed emergentismo è la loro diversa attitudine nei confronti del concetto di proprietà emergente.

Per i riduzionisti l'emergenza è soltanto un limite ipotetico, non reale, determinato dalla nostra incapacità tecnologica: una impossibilità di poter accedere a quelle che sono le caratteristiche peculiari dell'oggetto sotto analisi, da intendere non in termini assoluti, bensì transitori. Per gli emergentisti, invece, tale concetto ha come riferimento determinate caratteristiche della realtà naturale o sociale che devono essere considerate realtà ontologiche indiscutibili.

Questa diversa percezione del concetto di emergenza determina importanti conseguenze metodologiche, che non sono tuttavia sempre vissute come tali. In effetti, tra le due prospettive esiste uno squilibrio radicale di fondo. Il riduzionismo, del tutto coerentemente, si avvale di un metodo forte, quello analitico-addizionale, che ha dato risultati concreti. La visione olistico-emergentista, per contro, «non è riuscita per il momento a proporre un metodo operativo funzionale alle sue aspirazioni». Non solo: si potrebbe addirittura affermare che laddove l'olismo ritiene di aver trovato-soluzioni efficaci, in realtà non fa che recuperare gli schemi metodologici del proprio «avversario epistemologico». In effetti, molti autori che basano le loro ipotesi di ricerca su principi olistico-emergentisti, consciamente o inconsciamente applicano di fatto metodologie riduzioniste (o cripto-riduzioniste).

Ne è un esempio il classico aforisma: «*Il tutto è più della somma delle sue parti*», una massima in verità assai fuorviante. Quel «più» mette infatti su una cattiva strada, che forse non era tale nel XIX secolo, ma che al giorno d'oggi dà un'idea distorta di quello che dovrebbe essere un approccio non riduzionista. Per molti autori che hanno fatto di tale aforisma il simbolo di un approccio non analitico e non riduzionista, studiare le parti e le relazioni esistenti tra le parti di una totalità o di un sistema equivale a mettere in pratica una metodologia rispettosa dell'emergenza. In realtà, tale metodo coincide completamente con il metodo analitico-addizionale, considerato come non appropriato dal campo emergentista poiché mette in gioco soltanto i livelli inferiori di organizzazione. Secondo una prospettiva realmente olistico-emergentista, quel «più» non può infatti limitarsi alle sole «relazioni» tra le varie componenti del sistema sotto analisi, e sarebbe più opportuno asserire:

*«Il tutto è ‘altra cosa’ della somma delle sue parti e delle relazioni tra le sue parti».*

### Riduzionismo ed emergentismo: tra scoperta e costruzione

Nell’ambito del dibattito tra riduzionismo ed emergentismo il problema di fondo va ben oltre il sapere qual è, dal punto di vista strettamente metodologico, il miglior metodo per affrontare, studiare e comprendere i sistemi complessi e la complessità in generale: è un quesito che investe direttamente l’idea che noi abbiamo dei risultati della scienza.

*«La scienza ci permette di scoprire definitivamente il mondo? Oppure, con l’aiuto dei suoi artefatti teorici, essa ci dà unicamente l’opportunità di costruire un’immagine del mondo che dobbiamo considerare sempre al limite del reale e mai la realtà stessa?»*

Coloro che sostengono la visione atomistico-analitico-riduzionista affermeranno, con un forte accento «realista»: *«In definitiva, le totalità (i sistemi) non esistono, poiché una volta pervenuti – grazie al metodo analitico – alle realtà ultime, agli elementi, ai componenti di base, possiamo comprendere, spiegare e prevedere il comportamento delle entità sotto analisi».*

Coloro che sostengono la visione olistico-emergentista affermeranno a loro volta, con un forte accento «costruttivista»: *«In ultima analisi, sia le totalità (i sistemi) sia gli elementi sono modelli, astrazioni, finzioni epistemologiche che, pur aiutandoci ad avvicinarci a cogliere alcuni aspetti della complessità del reale, mai e poi mai dovrebbero essere confuse con la realtà stessa».*

Solo scienziati del tutto ignari dei dibattiti che hanno caratterizzato la filosofia della scienza nell’ultimo secolo (si pensi per esempio ai lavori di Karl Popper, Thomas Kuhn e Paul K. Feyerabend) potrebbero oggi affermare che i loro microscopi permettono di cogliere definitivamente la struttura del reale. I sostenitori di una concezione meno realista del procedere della scienza ribatterebbero infatti subito che il protocollo di ricerca di uno scienziato gli permette, eventualmente, di osservare solo quelle cose di cui lui è già parzialmente cosciente; qualunque cosa estranea ai suoi mezzi di osservazione e ai suoi apparati teorici mai gli apparirà nel microscopio, anche se fosse là. Questo perché ogni scienziato è portatore di una visione del mondo, di una filosofia e di una deontologia che contribuiscono a determinare e a dare senso alle sue azioni di ricerca scientifica.

*«In realtà la scienza è quella avventura umana che è fondata non sulla scoperta, ma sulla costruzione: le nostre scienze, i nostri metodi di conoscenza ci aiutano ad avvicinarci alla struttura profonda del reale, ma in maniera asintotica. Noi costruiamo il reale: ci avvicineremo sempre più alla sua essenza, giammai la coglieremo.»*

### Quattro esempi: evoluzione, ecologia, biodiversità ed etica ambientale

Bergandi conclude la sua esposizione illustrando l’interesse e le motivazioni del dibattito tra prospettive oli-

stico-emergentiste e riduzionismo in quattro campi di ricerca oggi di grande attualità: l’evoluzione, l’ecologia (sistematica e globale), la biodiversità e l’etica ambientale. Ne riassumiamo qui di seguito alcuni aspetti, invitando il lettore interessato ad approfondire l’argomento sia nei lavori del nostro conferenziere sia in quelli dei vari autori da lui stesso citati.

#### Evoluzione

In paleontologia, biologia ed ecologia evolutiva il confronto tra le due alternative epistemologiche si è storicamente concretato nella proposta riguardante le «unità di selezione», ossia le entità di riferimento sulle quali la selezione naturale sarebbe intervenuta.

Partendo da Darwin, che identificava nell’individuo l’entità su cui agisce la pressione evolutiva, e da Wallace, che vedeva piuttosto nelle popolazioni animali e vegetali le entità privilegiate dalla selezione naturale, si sono via via sviluppati altri tentativi di spiegazione, che hanno indicato nuove entità di riferimento: il gene (Richard Dawkins), la popolazione e la comunità biotica (Warder C. Allee, Vero C. Wynne-Edwards, David S. Wilson, Elliott Sober), la specie (Stephen J. Gould). Alcune di queste entità sono state considerate le sole e uniche entità di riferimento su cui opererebbero i processi evolutivi. Ciò vale soprattutto per coloro che hanno assunto prospettive riduzioniste: a titolo emblematico basti ricordare la lettura dawkinsiana dell’evoluzione, con il gene interpretato come la sola entità sufficientemente stabile, unitaria e discreta sulla quale la selezione sarebbe in grado di operare. A questa prospettiva epistemologicamente totalitaria, la visione olistico-emergentista oppone una teoria della *selezione multilivello*, nella quale si sostiene che i processi di selezione intervengono, talvolta contemporaneamente e talvolta in tempi diversi, in vari livelli dell’organizzazione biologica.

#### Ecologia

Nell’ambito degli studi ecologici la proposta di ontologie scientifiche di tipo olistico-emergentista si accompagna generalmente a strategie metodologiche che vanno esattamente nel senso opposto. Bergandi ha studiato a fondo questo problema. Analizzando gli studi sull’ecologia sistematica – in particolare quelli di Eugene P. Odum e Howard T. Odum, i padri dell’ecologia moderna – emerge per esempio che anche loro, in definitiva, applicano metodologie di studio che nel migliore dei casi possono essere considerate come una forma di «sistematico riduzionista» o, meglio ancora, di «cripto-riduzionismo»: un approccio metodologico contraddittorio rispetto alla loro visione del mondo olistico-emergentista.

In modo analogo, anche gli studi sull’ecologia globale – che fanno seguito alla proposta organicistica di James Lovelock – sono ben rappresentativi di un’ontologia olistico-emergentista che si concretizza attraverso metodologie analitico-riduzioniste. Infatti, se la potente metafora dell’ipotesi Gaia (la Terra come essere vivente) è stata immaginata sulla base di concetti tipicamente olistici, per la sua dimostrazione sono stati usati modelli ci-

bernetici, che fanno essenzialmente riferimento a leggi fisiche e non biologiche.

In generale, si può quindi affermare che in ecologia si osserva sempre più frequentemente un fenomeno interessante: gli scienziati tendono ad affiggere come manifesto programmatico, o epistemologico, delle loro ricerche le prospettive olistico-emergentiste, ma nella realtà continuano ad applicare i tradizionali metodi analitici e riduzionisti.

### **Biodiversità**

Negli studi sulla biodiversità, l'identificazione delle soglie di frammentazione degli ecosistemi – al di sopra delle quali la sopravvivenza di intere specie animali e vegetali è minacciata – gioca un ruolo di primaria importanza in tutte le politiche di preservazione e conservazione degli ecosistemi. Per questa ragione la biodiversità comincia a essere percepita come un oggetto di ricerca che ingloba *necessariamente* vari livelli d'organizzazione: dai geni alla biosfera fino all'etica e alla politica.

Nell'ambito della biologia della conservazione la visione olistica dei processi naturali si avvia dunque a divenire una necessità programmatica, metodologica, in definitiva ontologica: la sola forse in grado di consentire la realizzazione di politiche di preservazione, oltre che degli organismi e degli ecosistemi, anche del *potenziale evolutivo della natura*. Non sorprende quindi osservare che proprio nell'ambito della biologia della conservazione si stia facendo sempre più strada l'applicazione di un approccio metodologico multilivello (diversità genica, specifica ed ecosistemica) di chiara origine olistico-emergentista.

### **Etica ambientale**

Nell'ambito dell'etica ambientale, infine, le diverse concezioni delle relazioni uomo-natura propongono universi etici talvolta convergenti, talvolta profondamente in contrasto gli uni con gli altri; universi che risentono anch'essi fortemente del dibattito tra olismo e riduzionismo.

La presa di coscienza della necessità di conservare specie ed ecosistemi può scaturire da presupposti etici finalizzati alla salvaguardia degli interessi della specie umana (lo «sviluppo sostenibile»), oppure da etiche di tipo diverso, che sostengono la centralità del riconoscimento del valore intrinseco delle entità naturali indipendentemente da qualsiasi valutazione economica, estetica o sociologica.

Tuttavia, in un mondo gestito da coloro che, secondo una logica di ottimizzazione produttiva, spostano a loro piacimento i capitali senza alcuna reale preoccupazione d'ordine ambientale (piuttosto che da coloro che propugnano la tutela della natura e maggiori giustizia ed equità tra le popolazioni umane), anche proposte quali il tanto mediatisizzato «sviluppo sostenibile» possono nascondere finalità fondamentalmente antitetiche rispetto a quelle formal-

mente sostenute. In effetti, il concetto di sviluppo sostenibile è criticabile in quanto portatore di una visione troppo umano-centrica, economicistica e sostanzialmente finalizzata allo sviluppo di una crescita economica al di là delle capacità di rigenerazione dei sistemi ecologici e naturali. Ed è per questo motivo che molti autori gli preferiscono di gran lunga il modello etico, politico ed economico della «decrescita sostenibile» (la *décroissance soutenable* di Nicholas Georgescu-Roegen). D'altro canto, il concetto di sviluppo sostenibile è fortemente sostenuto proprio dalla propaganda ambientalista volta alla conservazione delle risorse naturali.

Questo contrasto è evidente persino nel testo della famosa Dichiarazione di Rio del 1992. Nel suo preambolo, in piena ottica bioecocentrica, si accenna al valore intrinseco della natura. Ma subito dopo, ecco che ci si riferisce ad altri valori, attribuibili alla natura unicamente in un'ottica del tutto antropocentrica: valore economico, scientifico, estetico, ricreativo e così via. Così facendo, il valore intrinseco dapprima formalmente riconosciuto alle entità naturali viene ora considerato come un epifenomeno, posto in secondo piano in caso di conflitti di interesse, in definitiva totalmente nullificato. In questo modo i valori antropocentrici hanno una volta ancora la meglio sui valori bioecocentrici e gli interessi economici di una minima parte della popolazione umana prevalgono su qualsiasi altro tipo di valore. Pur rimanendo un passo fondamentale verso una presa di coscienza dell'importanza della diversità biologica, neppure la Dichiarazione di Rio è dunque riuscita a sfuggire alle contraddizioni del dibattito scientifico e politico in corso da oltre un secolo.

Bergandi termina la sua relazione citando Aldo Leopold, il padre della «land ecology»:

«*Una cosa è giusta fino a quando tende a preservare l'integrità, la stabilità, e la bellezza della comunità biologica, ed invece è ingiusta quando tende a non andare in questo senso*».

Una visione ecocentrica, quella di Leopold, nella quale si può ben scorgere il convergere in una prospettiva olistica, sistemica, di ambiti che la tradizione considera come fondamentalmente separati: l'ecologia scientifica, l'etica, la politica e l'economia quali parti armonicamente coordinate di un unico grande schema, finalizzato alla preservazione della natura e a uno sviluppo non dissennato delle popolazioni umane. Nell'ambito dell'etica ambientale, il considerevole interesse della prospettiva olistica è proprio il suo presentarsi come un fondamentale supporto ontologico per le politiche etico-economiche capaci di superare la tradizionale discontinuità uomo-ambiente, alla ricerca di un rimedio contro i suicidari comportamenti predatori della specie umana nei confronti dell'ambiente naturale. Quello stesso ambiente che le permette di sopravvivere e di svilupparsi.