

GIANNI TAMINO

ASPETTI EPISTEMOLOGICI DELLA BIOLOGIA: RUOLO DELLO SPAZIO E DEL TEMPO

La complessità degli organismi viventi

Alla concezione meccanicistica e riduzionista dei fenomeni biologici, sviluppatasi a cavallo tra '800 e '900, è stata spesso contrapposta la visione vitalista, secondo la quale la vita è espressione di qualcosa che va oltre la materia. Per capire i limiti di queste due diverse concezioni, occorre chiarire cosa si intende per vita o, meglio, per organismo vivente.

Gli organismi viventi sono costituiti da strutture che rispondono alle leggi chimico-fisiche, ma con caratteristiche qualitative, frutto della particolare associazione delle molecole e delle particolari reazioni possibili grazie a queste molecole (metabolismo) che non permettono né di ridurre la biologia ad una branca della chimica o della fisica né di equiparare un organismo vivente ad alcuna delle macchine costruite dall'uomo, che sono realizzate secondo un preciso scopo al quale le loro parti sono vincolate, mentre gli esseri viventi si evolvono ed acquisiscono la loro funzionalità senza una pianificazione preordinata. In altre parole possiamo dire che la materia vivente, pur rispettando le leggi della fisica e della chimica, raggiunge un livello organizzativo e funzionale specifico, ad alta complessità, che non è spiegabile solo con la conoscenza delle proprietà dei suoi componenti più semplici. Ciò non significa immaginare qualche "spirito vitale", come vorrebbero i vitalisti, ma semplicemente ammettere che la materia vivente è un particolare stato della materia (come afferma Buiatti), non spiegabile solo con le leggi della fisica, come vorrebbero invece i meccanicisti; uno stato acquisito dalla materia non vivente

nel corso della sua evoluzione che ha dato origine oltre tre miliardi di anni fa alle prime forme di vita sulla Terra. In altre parole, se si scompone un organismo vivente in tutte le sue parti, organi e apparati, fino al livello molecolare, possiamo analizzare le funzioni e le proprietà di queste parti, ma non riusciremo a ricomporre, a partire da queste singole parti, lo stesso organismo vivente: avremo tutt'al più un organismo morto. La differenza tra un organismo vivo ed uno morto non sta nelle proprietà dei suoi componenti, ma nelle caratteristiche dell'organismo vivente, che può essere descritto come un insieme complesso di molecole organiche, attraversato da un flusso di materia, energia e informazione.

In altri termini gli organismi viventi devono assorbire dall'esterno materiali per nutrirsi (costruzione e ricambio delle strutture anatomiche), energia per le reazioni chimiche necessarie al proprio metabolismo e alle proprie esigenze fisiologiche, informazioni sulla situazione esterna alla quale devono adattarsi, utilizzando specifici recettori (come gli organi di senso). I materiali, l'energia e le informazioni assunte dall'ambiente esterno vengono utilizzate secondo un programma, contenuto in gran parte in una memoria informativa (le molecole di DNA), che permette il mantenimento del particolare stato dell'organismo vivente, in modo dinamico ed evolutivo (dalla nascita alla morte). Ma tutto ciò che è stato incorporato è stato quindi trasformato in qualcosa di diverso, non più utilizzabile da quell'organismo e perciò, prima o poi, da scartare. Così vengono escreti, come rifiuti, materiali degradati, le molecole scartate contengono meno energia disponibile per attività biologiche e il metabolismo produce calore, ciò che equivale ad un aumento di entropia e, infine, l'organismo invia informazioni all'esterno (immagini, suoni, variazioni di calore ecc.). Tutto ciò significa che senza uno scambio continuo con l'ambiente esterno (in entrata ed in uscita) di materiali, energia e informazione, un organismo non può vivere e da questa analisi dei viventi derivano alcune importanti conseguenze.

Anzitutto i flussi di materia, energia e informazione sottintendono anche un fluire, in modo irreversibile (come ha ben spiegato Prigogine), del tempo ed evidenziano l'interazione tra l'or-

ganismo e il suo ambiente di vita. In altre parole è impossibile comprendere un organismo vivente al di fuori del suo contesto spazio-temporale, ciò che rende irripetibile ogni situazione della vita di ciascun organismo. Perciò di un organismo vivente possiamo conoscere il suo passato (la sua storia) ma non possiamo prevedere in modo deterministico il suo futuro ed in particolare l'uomo ha sempre un margine di libertà per scegliere il suo destino. Inoltre un organismo isolato dal suo contesto e non più in grado di scambiare materia, energia o informazione, non è un organismo vivente, ma solo un oggetto di studio: troppo spesso un'impostazione meccanicista e riduzionista ha trasformato in 'oggetti' i soggetti viventi, non distinguendo più un insieme di molecole appartenenti ad un corpo morto da un organismo in cui tutte le parti sono correlate in modo dinamico e complesso tra loro e con il mondo esterno.

Ma lo schema dei flussi, pur rispettando importanti leggi fisiche, come quelle termodinamiche, permette una nuova interpretazione: un organismo vivente è un sistema aperto che, utilizzando energia e informazione, può ridurre l'entropia al proprio interno, aumentandola però all'esterno (concetti evidenziati anche da Von Bertalanffy e da Prigogine). In altre parole un organismo vivente è un sistema complesso molto instabile, la cui probabilità di durare nel tempo, cioè di continuare a vivere, seppure limitata dalle leggi della termodinamica, che lo vorrebbero trasformare in un sistema più stabile, a maggior livello di entropia (cioè morto), è data dalla capacità di assorbire continuamente materia, energia e informazione dall'esterno, per rinnovarsi e trasformarsi continuamente, secondo il proprio progetto genetico e grazie ai processi metabolici. È pur sempre una durata limitata, visto che l'unica certezza di un vivente è la sua morte (anche se non è prevedibile quando, come e dove avverrà), tuttavia sufficiente di solito alla sua riproduzione, mantenendo nel tempo lo stato vivente della materia e rendendo teoricamente immortale la popolazione, costituita di organismi necessariamente mortali.

D'altra parte se consideriamo, a un livello ecologico, anziché l'individuo la popolazione, vedremo che anch'essa è attraversata

da un flusso di materia, energia e informazione e che interagisce con il suo ambiente, costituito da elementi fisici, chimici e biologici. Quella parte del pianeta Terra in cui si realizzano questi scambi, queste relazioni tra organismi viventi, chiamata Biosfera, può essere interpretata come un superorganismo vivente (teoria di Gaia, ipotizzata da Lovelock), che scambia materia e soprattutto energia con l'esterno e, in particolare, riceve energia solare in grado di mantenere gli equilibri complessi ed instabili, impedendone la morte per aumento di entropia.

Se, poi, consideriamo una popolazione o un ecosistema nel corso della sua storia, ci possiamo anche render conto che concetti come ordine e disordine o rumore e informazione variano al variare del contesto e del punto di vista e, in un sistema aperto e complesso, si può ottenere ordine dal disordine, informazione dal rumore (o, come dice Prigogine, il tempo non è né illusione né degradazione, ma creazione). Così l'informazione genetica contenuta nel DNA può essere alterata per effetto delle mutazioni e quindi subire un'azione entropica che ne aumenta il disordine, tuttavia è grazie a queste mutazioni che si possono avere nuove varianti nella popolazione che, al variare delle condizioni ambientali, possono essere selezionate come più idonee. Ciò significa che la selezione naturale estrae informazione dal rumore o ordine dal disordine. In generale un sistema complesso, che si autorganizza, non può essere rigido, ma deve avere in sé i meccanismi per adattarsi a nuove condizioni e deve dunque essere dotato di dispositivi in grado di ricevere dall'esterno informazioni utili per mantenere uno stato di equilibrio dinamico, attraverso circuiti di retroazione (feedback): gli organismi viventi sono quindi sottoposti ad un continuo "aggiustamento", definito dal biologo evolucionista Waddington «omeorresi», per indicare un equivalente dinamico (che scorre nel tempo) di «omeostasi», termine utilizzato dai fisiologi per indicare l'insieme di processi che, reagendo alle perturbazioni, tendono a ripristinare le condizioni iniziali del sistema.

Questo approccio epistemologico dei fenomeni biologici rifiuta sia la visione meccanicista che quella vitalista e può essere

sintetizzata con le parole di S. J. Gould: «La grande maggioranza dei biologi sostiene che la vita, come risultato della propria complessità strutturale e funzionale, non può essere risolta nei suoi costituenti chimici e spiegata nella sua interezza da leggi fisiche e chimiche, che operano a livello molecolare. Ma nega in modo altrettanto strenuo che l'insuccesso del riduzionismo indichi una qualsiasi proprietà mistica della vita, una qualche scintilla speciale che sia inerente alla vita soltanto. La vita acquisisce i propri principi dalla struttura gerarchica della natura. Man mano che i livelli di complessità salgono lungo la gerarchia dell'atomo, della molecola, del gene, della cellula, del tessuto, dell'organismo e della popolazione, compaiono nuove proprietà come risultato di interazioni e di interconnessioni che emergono ad ogni nuovo livello. Un livello superiore non può essere interamente spiegato separando gli elementi che lo compongono e interpretando le loro proprietà in assenza delle interazioni che uniscono quegli elementi. Così abbiamo bisogno di principi nuovi o emergenti per poter cogliere tutta la complessità della vita».

Un'epistemologia naturale per una società sostenibile

La visione meccanicista e determinista, quindi non storica, della realtà, che pure ha garantito notevoli progressi tecnologici, era funzionale ad una società nata dalla rivoluzione industriale e dall'illuminismo, che considerava come scopo principale della scienza e della tecnologia quello di fornire all'uomo strumenti per dominare e sottomettere la natura. Questa visione, divenuta ideologia del sistema produttivo liberista, riduce a merce ogni risorsa naturale, comprese quelle ritenute patrimonio comune, come l'acqua che beviamo, fino agli stessi organismi viventi, uomo compreso (si pensi alla brevettabilità dei viventi e delle loro parti, geni, cellule, tessuti ecc.). Questa ideologia porta a credere che la tecnica sia in grado di risolvere ogni problema, sia ambientale che sanitario, in un ambiente dove energia e materie prime sono ritenute sempre disponibili, praticamente infinite. C'è in tutto ciò un

irrazionale e irresponsabile ottimismo, che fa ritenere credibile una crescita continua della produzione industriale e che porta a pensare che qualunque effetto negativo questa produzione possa arrecare all'ambiente o alla salute umana, può essere risolto dalla scienza e dalla tecnica. Nell'impostazione meccanicista non c'è spazio per la prevenzione e per la precauzione, ma solo per interventi mirati a curare i danni avvenuti (inquinamenti, malattie, ecc.), interventi che richiedono nuove produzioni e nuovi consumi e che fanno crescere il prodotto interno lordo, unico vero parametro preso in considerazione dall'economia liberista, frutto di questa ideologia.

A questa visione della natura occorre contrapporre una nuova, senza cadere nelle trappole del vitalismo, che porta a forme di misticismo, come l'idea d'intangibilità della natura, alla quale l'uomo dovrebbe sottomettersi; una visione antistorica e antievoluzionista, dato che la natura e l'ambiente si evolvono insieme con gli organismi che vi vivono. L'uomo non è né padrone né schiavo della natura: come essere vivente, e perciò naturale, deve interagire con il suo ambiente, anche modificandolo, ma, come essere pensante e quindi responsabile delle proprie azioni, deve rispettarne le regole e i criteri, come, ad esempio, i cicli biogeochimici, che permettono un uso razionale delle risorse. Come affermano Prigogine e Stengers (autori del famoso saggio «La nuova alleanza») la nuova epistemologia deve passare da una conoscenza manipolatrice della natura, che seleziona e semplifica i sistemi oggetto di studio, ad una conoscenza volta ad approfondire l'intreccio complesso di connessioni tra i diversi sistemi, alla luce della coordinata tempo: «Nella storia naturale diventa impossibile evitare di prendere in considerazione il tempo (...) devono essere determinati i pesi rispettivi della memoria ereditaria, dell'apprendimento e delle circostanze. La possibilità, in particolare per un individuo, di avere una memoria, delle interazioni sociali differenziate, dei comportamenti flessibili e adattati alle circostanze mutevoli, viene a determinarsi all'incrocio dei tempi che lo costituiscono, tempo della specie, tempo dell'ontogenesi, tempo dell'apprendimento e della socializzazione, tempo culturale, tempo

dell'esperienza quotidiana». Alla rozza semplificazione dei fenomeni naturali a fenomeni meccanici, bisogna sostituire una analisi della complessità dei sistemi, interagenti tra loro; nei complessi sistemi viventi a parametri come materia ed energia dobbiamo aggiungere quello dell'informazione, che varia al variare del sistema di riferimento, evidenziando la necessità di correlare la conoscenza dei fenomeni al punto di osservazione, comunque parziale e relativo. Ma soprattutto dobbiamo considerare l'irreversibilità dei fenomeni temporali, ciò che porta a riconoscere la storicità di una epistemologia naturale. Questa epistemologia naturale è una necessaria premessa per una società sostenibile, in cui le attività umane «non riducano a merce ogni bene materiale ed immateriale», come afferma M. Cini, ma sappiano inserirsi nei complessi e delicati equilibri dinamici, presenti nell'ambiente naturale, senza distruggerli, senza trasformare le risorse in rifiuti, senza ridurre la biodiversità degli organismi viventi.