

## Alcune considerazioni sul concetto di «vita»

Rita Casadio

Alla voce «vita» il dizionario Garzanti della lingua italiana come primo significato riporta: «lo stato di attività naturale di un organismo che mette in moto e coordina le funzioni inerenti alla sua conservazione, sviluppo e riproduzione e alle sue relazioni con l'ambiente e gli altri organismi»; il Webster, dizionario della lingua inglese recita: «the quality that distinguishes a vital and functional being from a dead body».

La vita dunque è una qualità o una attività, a seconda di quale definizione si preferisca e sicuramente entrambi i termini se arricchiti di specifiche ulteriori come nel primo caso, rendono ragione del fatto che a tutt'oggi dare una definizione di vita risulta estremamente difficile e quindi richiede una semplificazione totale.

Secondo una prassi scientifica consolidata, infatti, occorre prima osservare e poi generalizzare sulle osservazioni, se riproducibili, e quindi schematizzare per definire. Evidentemente la definizione di vita rimane comunque elusiva, e quindi si ricorre al dato immediatamente sensibile, qualità e/o attività per poi eventualmente specificare quale tipo di qualità e/o attività siano effettivamente associate alla parola stessa.

In realtà il problema è complicato e complesso, come i problemi tipici della biologia, la dove solo i processi sono effettivamente osservabili, e a volte simulabili, in termini di modelli soddisfacenti e atti a giustificare i dati osservati.

Ernst Mayr (1904-2005), il più illustre biologo evoluzionista del Novecento, nel 1982 scrive: « Si è ripetutamente tentato di definire la «vita». Questi tentativi sono futili, poiché ora è del tutto evidente che non vi è alcuna speciale sostanza. Oggetto o forza che possa essere identificata con la vita. Tuttavia il processo vitale è definibile. Non vi è dubbio che gli organismi viventi possiedono alcuni attributi che non si trovano, o non si trovano nello stesso modo, negli oggetti inanimati. Autori diversi hanno posto l'accento su caratteristiche diverse, ma io non ho potuto trovare nella letteratura alcun elenco adeguato di queste caratteristiche. Presumibilmente l'elenco che qui presento è sia incompleto sia, in certa misura ridondante. Tuttavia in assenza di un quadro migliore, esso può servire a illustrare i tipi di caratteristiche che differenziano gli organismi viventi dalla natura inanimata.» (Ernst Mayr, *Storia del Pensiero Biologico, Diversità, Evoluzione, Eredità*, Bollati Boringhieri, Torino 1990).

Le caratteristiche dei viventi, che ho ri-letto in Mayr sono di seguito elencate e da me parzialmente commentate. Ho scelto tra le varie possibilità di riproporre queste definizioni, perché a mio avviso sono di estrema attualità, anche alla luce delle più recenti informazioni che l'analisi del genoma dei vari organismi ha fornito, uomo incluso, e che Mayr evidentemente nella prima stesura della *Storia del Pensiero Biologico* (1982, *The Growth of Biological Thoughts*, The Belknap Press of Harvard University, Cambridge (Mass.)- London) non conosceva. Il progetto Genoma Umano (HUGO) è infatti iniziato nel 1989 ed è stato parzialmente completato nel 2001, in coincidenza anche con il cinquantenario dalla scoperta della doppia elica del DNA, ad opera di James Watson e Francis Crick. Le caratteristiche elencabili dei viventi quindi sono:

1) *La complessità e l'organizzazione.* La complessità evidentemente non è una caratteristica unica dei viventi (es. citato: una massa d'aria del sistema meteorologico o una galassia, rispetto a viventi). In un sistema complesso date le proprietà delle parti e le leggi della loro interazione non è semplice dedurre le proprietà del tutto. Nei sistemi viventi la complessità esiste ad ogni livello, a tal punto che anche conoscendo oggi la struttura delle macromolecole biologiche, quali le proteine e gli acidi nucleici, costituenti base delle cellule,

non è possibile a partire dalle leggi di interazione di tipo chimico-fisico, dedotte da tempo, ricostruire computazionalmente la loro struttura (problema noto come problema del “folding”)

Gli organismi viventi sono capaci di meccanismi di «retroazione, ignoti nella loro precisione e complessità a qualsiasi sistema inanimato. Essi hanno capacità di rispondere a stimoli esterni, hanno capacità metaboliche, accumulare e/o cedere energia e hanno la capacità di crescere e differenziarsi. I sistemi viventi non hanno una complessità casuale, ma sono altamente organizzati...Di conseguenza, tutte le parti hanno un significato adattativo e possono eseguire attività teleonomiche».

Già Aristotele aveva notato la funzione coordinata delle parti: «Come ogni strumento e ogni membro del corpo serve a qualche scopo parziale, vale a dire è specializzato, il corpo nella sua totalità deve essere destinato a governare qualche sfera plenaria d'azione». (*De partibus animalium* 1.5.645a 10-15).

Una spiegazione della organizzazione della varie parti per «la sfera plenaria d'azione» e della loro diversità tra le varie specie è certamente fornita dalla nota ipotesi di Charles Darwin in *L'Origine della* (1859), definito recentemente da Steve Jones, «l'unico best seller che sia stato in grado di cambiare la concezione che l'uomo ha di se stesso», il libro che più di ogni altro ha suscitato e continua a suscitare dibattiti, adesioni, precise prese di posizione pro o contro, senza mai poter essere rifiutato in toto». (Steve Jones, *Quasi come una balena*, Codice edizioni, Torino 2005). «Non vedo alcunché di improbabile in una razza di orsi che tramite selezione naturale siano resi più acquatici per struttura e abitudini, con bocche sempre più grandi, finché non si produca una creatura mostruosa come una balena» (Charles Darwin, op.cit.).

Oggi molti biologi sono talmente schierati a favore della evoluzione, al punto che anche grazie ad una attenta interpretazione e comparazione dei dati molecolari resi disponibili dai vari progetti genomici alcuni antropologi sostengono che forse scimpanzé e gorilla, appartengono allo stesso genere Homo (i genomi di uomo e scimpanzé, il nostro parente più prossimo, che si sarebbe differenziato dall'uomo circa 6 milioni di anni fa, sono noti e possono essere confrontati a livello di DNA e proteine). «Ormai siamo coscienti di essere quello che siamo perché abbiamo una storia e la possiamo ricostruire» (Gianfranco Biondi e Olga Richards, *Il Codice Darwin*, Codice Edizioni, Torino 2005).

2) *L'unicità chimica*. Gli organismi viventi noti sino ad ora sono fatti di molecole i cui elementi atomici sono costanti: principalmente Idrogeno, Ossigeno, Carbonio, Azoto. Gli altri elementi contribuiscono complessivamente per meno dell'1% alla massa totale degli organismi viventi e includono piccole quantità di fosforo, e quantità ancora inferiori di Zolfo, Sodio, Magnesio, Cloro, Potassio, Calcio e Ferro. I quattro elementi base delle forme di vita terrestri, procarioti ed eucarioti, appaiono nella lista dei sei elementi più abbondanti nell'universo (vanno aggiunti Elio e Neon, che sono inerti, e quindi scarsamente propensi a combinarsi). La vita sulla terra è quindi composta dagli ingredienti più abbondanti e chimicamente attivi di tutto il cosmo.

3) *Le qualità*. Mayr oppone le quantità proprio del mondo fisico, alle qualità proprie del mondo “biologico”, sostenendo che le differenze individuali, i sistemi di comunicazione, le informazioni immagazzinate, le proprietà delle macromolecole, le interazioni tra ecosistemi e molte altre proprietà sono di natura qualitativa, anche se traducibili a volte in aspetti quantitativi. «...ma in tale modo si perde il vero significato dei rispettivi fenomeni biologici, esattamente come se si descrivesse un quadro di Rembrandt attraverso le lunghezze d'onda dei colori prevalenti riflessi da ogni millimetro quadrato del dipinto» (Ernst Mayr, op.cit.).

4) *L'unicità e la variabilità*. Evidentemente negli organismi viventi le molecole essenziali (amminoacidi, acidi nucleici, proteine e lipidi) sono costanti. Tuttavia la loro organizzazione e

strutturazione gerarchica dall'elementare al complesso porta poi alla unicità di ogni organismo e alla variabilità all'interno della stessa (basti considerare i 6.8 circa miliardi di uomini che vivono oggi sul pianeta Terra)

5) *Il possesso di un programma genetico.* Ogni organismo possiede un programma genetico ereditato, quindi «storicamente evoluto», e codificato nel DNA del nucleo della cellula (o nell'RNA, in alcuni virus). Grazie a ciò ogni organismo ha una peculiare dualità, il genotipo e il fenotipo. Il genotipo conferisce agli organismi la capacità di svolgere attività e processi teleonomici, capacità assente nel mondo inanimato; il fenotipo è la risultante macroscopica caratteristica di ogni individuo, dovuta sia al patrimonio genetico che alla interazione con l'ambiente.

Seguono poi secondo Mayr altre tre proprietà quali 6) *la natura storica*, 7) *la selezione naturale* e 8) *l'indeterminatezza*, il cui significato è evidente da quanto sopra esposto. Lo stesso Mayr sottolinea la ridondanza delle caratteristiche da lui elencate. Tutta la sua *Storia del Pensiero Biologico* è infatti volta a combattere l'essenzialismo, e a sostenere sia l'evoluzione che l'inadeguatezza del metodo puramente fisico-matematico per spiegare le proprietà dei viventi e quindi la ridondanza diventa necessaria per comprovare esattamente, puntualmente e storicamente le sue ipotesi. Mayr è infatti un solerte sostenitore della unicità della biologia in tutta la sua feconda attività di ricercatore e divulgatore (si veda anche il recente *L'unicità della biologia, Sull'autonomia di una disciplina scientifica*, Raffaello Cortina Editore, 2005).

Cos'è la vita? Vale la pena aggiungere che oggi forse basta un criterio semplice e generico, che riassume anche gli sforzi che la ricerca scientifica compie in varie direzioni. Questo criterio può essere il seguente: è vivente ciò che può autoorganizzarsi, metabolizzando sostanze di vario tipo, evolversi e riprodursi. «Non diremo che un insieme di oggetti è vivo solo perché essi sono in grado di moltiplicarsi (il fuoco, ad esempio si riproduce). Per qualificarsi come una forma di vita essi dovranno evolversi verso nuove forme con il passare del tempo. Una tale definizione elimina dunque la possibilità che un singolo oggetto possa essere giudicato come vivente. Dobbiamo invece esaminare un gruppo di oggetti nello spazio e seguirne l'evoluzione nel tempo». (Neil deGrasse Tyson e Donald Goldsmith, *Origini, Quattordici miliardi di evoluzione cosmica*, Codice Editore, Torino, 2005).

Questa definizione anche se estremamente restrittiva sottolinea il carattere relazionale che ha la vita, sia *ad intra* che *ad extra*. Le relazioni tra molecole costituiscono all'interno della cellula una piramide gerarchica unica, che da origine alla complessità del vivente. In altri termini la vita è una proprietà emergente, la cui legge rimangono tuttavia elusive. Così come rimangono elusive quelle leggi che regolano l'interazione tra individui della stessa o di diverse. Mi sento di dissentire dalle affermazioni di Edoardo Boncinelli che nella introduzione alla già citata ultima opera di Mayr sostiene che parlare di complessità, auto-organizzazione, approccio sistemico e olistico, sia una sorta di giustificazione mistica, che nasconde quel vitalismo, che in ultima analisi si riscontra spesso negli studi di biologia.

Murray Gell-Mann (1929-) nel suo *Il quark e il giaguaro*, (Bollati Boringhieri, Torino, 2000) ben analizza la complessità biologica a partire dalla definizione di «semplice» e «complesso» invitandoci appunto a passare dal quark al giaguaro, vale a dire dalle leggi fondamentali che governano il cosmo e le particelle elementari alla complessità dei sistemi viventi adattativi, frutto di una evoluzione destinata a durare miliardi di anni (forse ancora per 5 miliardi di anni, se si considerano le varie ipotesi sulla fine del nostro sole). Inoltre Boncinelli sembra dimenticare che appunto la modellizzazione della complessità è di recente diventata oggetto di indagine da parte di numerosi scienziati tra cui Albert-László Barabási e Steven Strogatz, autori rispettivamente di *Link, La scienza delle reti*, (Einaudi, Torino, 2004) e

*Sync, The emerging science of the spontaneous order*, (Penguin Books, 2003). Questi autori non hanno nulla di mistico e sottolineano come sia possibile tenendo conto dei risultati ottenuti nella prima metà del XX secolo da Paul Erdos a Alfred Renyi, descrivere in termini matematici la complessità utilizzando le reti, che non sono più oggetti statici, ma possono trasformarsi, crescere, evolversi e disgregarsi. L'analisi della loro dinamica è un settore della ricerca in rapido sviluppo, con enormi potenzialità di applicazioni in vari settori che vanno dalle reti di Internet, alle dinamiche sociali, alle interazioni tra proteine in una cellula, vale a dire per mappare e ed anche interpretare i dati osservabili dei sistemi complessi, dove le relazioni reciproche a corto e a lungo raggio diventano essenziali per capire l'evoluzione di un sistema e a volte anche la sua fenomenologia.

Una rapida trattazione di un problema enorme come questo non può che concludersi con i problemi aperti e che in fondo sono una valida alternativa al problema della definizione di vita:

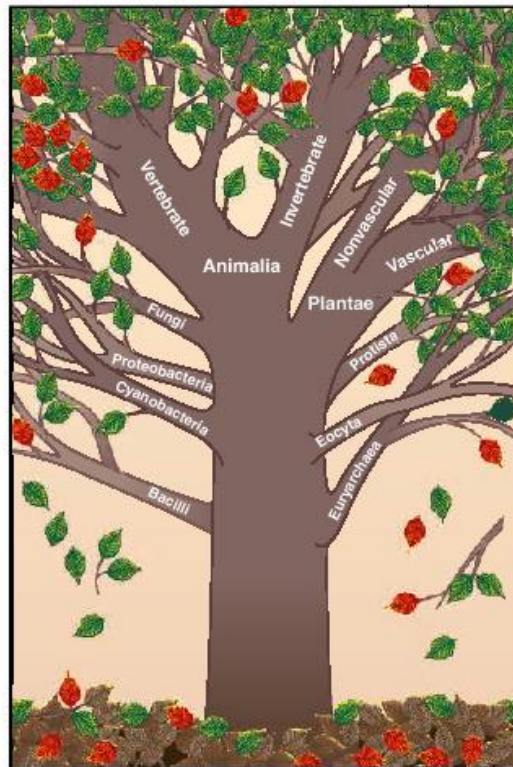
1) *L'origine della vita sulla terra*. Le ipotesi e le teorie dall'antichità ad oggi sono state di recente riviste con ampiezza di particolari, curiosità storiche e rigore scientifico da Iris Fry ne *L'origine della vita sulla terra*, (Garzanti, 2002). Le origini rimangono avvolte nell'incertezza più assoluta. In seguito ai movimenti della crosta terrestre, per le epoche anteriori a quattro miliardi di anni fa non vi sono tracce fossili e geologiche della storia della vita. I paleobiologi convengono nel sostenere che la vita sia apparsa durante i 600 milioni di anni successivi alla formazione del pianeta (4.6 milioni di anni fa, dalla datazione delle rocce), anche grazie all'inquinamento ambientale dovuto alla comparsa dell'ossigeno atmosferico. Le ipotesi sono circa 40, tutte ugualmente attendibili, tra cui la famosa «panspermia», che partendo dal presupposto che le nostre molecole sono fatte della materia dell'universo, e che non coincide con quella più abbondante sulla crosta terrestre, sostiene che la vita ha avuto origine nell'universo e poi è arrivata sulla terra. Oggi, a differenza di quanto sostenuto fino a qualche decade fa, la vita in forma di microrganismi è stata trovata in ambienti impensabili prima. Non è vero che per trovare colonie di batteri sono necessarie delle nicchie ambientali privilegiate in termini di proprietà chimico-fisiche, come la temperatura, il pH o la pressione atmosferica. Basti pensare agli organismi termofili e psicrofili che via via vengono trovati in ogni dove, dalla profondità degli abissi (i camini oceanici delle isole Galapagos, dove a migliaia di metri di profondità e a temperature dell'ordine delle centinaia di gradi non solo esistono batteri chemioautotrofi, in grado di metabolizzare gli elementi chimici che fuoriescono dalla crosta terrestre, ma anche vermi giganti, lunghi fino a qualche metro che vivono in simbiosi con questi microorganismi) ai ghiacciai dell'Antartide.

2) *La relazione tra genotipo e fenotipo* per le varie specie di cui conosciamo il genoma, e naturalmente particolarmente per l'uomo. Evidentemente la possibilità di confrontare a livello genetico la varie specie si traduce anche nella necessità di ridefinire il concetto di che oggi risulta quanto mai elusivo, almeno nelle definizioni che i vari biologi sulla base di una classificazione puramente fenotipica gli hanno assegnato. Il problema è il problema di quanto il genoma determini l'individuo, e di quanto la sua relazione con l'ambiente possa anche individualmente modificare e/o influire il suo comportamento e la sua evoluzione (si veda ad esempio di Paul Ehrlich, *Le nature umane, Geni, culture e prospettive*, Codice Edizioni, Torino, 2005).

3) *La presenza di vita in altri pianeti*. Se la vita ha la possibilità di sussistere in ogni dove sulla terra è forse possibile che possa trovarsi anche altrove, visto che la presenza di acqua, necessaria comunque al suo manifestarsi, non è esclusiva del nostro pianeta. Acqua cristallizzata è stata trovata su Marte e più recentemente anche su Titano, una delle lune di

Saturno. Per i più recenti sviluppi dei programmi di ricerca spaziale finanziati dalla NASA, l'agenzia spaziale americana si veda il sito [www.seti.org](http://www.seti.org), un centro creato per lo studio della vita nell'universo.

4) *La costruzione di una albero della vita, secondo l'ipotesi evolutiva.* Grazie ancora una volta ai risultati che sino ad ora sono stati forniti dall'indagine di tipo biologico-molecolare, unitamente a numerosi progressi compiuti nelle tecniche di radiodattazione dei reperti fossili è possibile descrivere le relazioni tra le diverse specie secondo alberi come quello di seguito riportato, per denotare l'origine comune delle varie forme di vita. Rimane irrisolto se l'origine, e quindi alle radici dell'albero ci sia il barattolo di Campbell Soup primordiale o il tocco divino.



**Building the Tree of Life.** A current view of the Tree of Life (7). Information is biased toward vertebrate animals and vascular plants (the thick branches); lesser-known groups such as bacteria, fungi, and protists are largely underrepresented. Also shown are species known to science (green leaves), extinct species (leaf litter, brown), endangered species (falling leaves), and species for which "barcode" information is available (red leaves).

Questo albero della vita è preso da *Genomic databases and the tree of life*, un'articolo apparso su Science no 236 del 2004, firmato da Keith Khrendall e Jennifer Buhay, ed è forse l'ultimo di una serie di alberi della vita che i filogenetisti redigono a mano a mano che i dati sui genomi vengono resi disponibili. È interessante notare come dall'albero cadano anche foglie (in marrone) a rappresentare le specie che si estinguono. Apparentemente si perdono circa 27000 specie all'anno mentre ne vengono descritte qualche cosa come 18000 nuove. L'albero

sottolinea che quando si prendono in considerazione le proteine note, abbiamo più informazioni di vertebrati e piante vascolari se confrontate ad altre specie.

Concludo con un'ultima osservazione. Forse si può aggiungere alle proprietà della vita, quella innegabile della morte, come risoluzione della complessità, quindi trasformazione, perdita dell'emergenza. Anche lo studio di questo processo infatti può fornire spunti e dettagli per l'indagine sulla vita. Oggi emerge che le cellule hanno un programma apoptotico, vale a dire una serie di reazioni non ancora bene dettagliate che quando iniziate portano inevitabilmente alla morte della cellula. Gli studi vengono fatti anche nell'ottica di rendere mortali quelle cellule la cui immortalità presunta porta poi alla proliferazione cellulare e per capire quindi anche il processo cancerogeno e porvi rimedio.

Bene, ricordando Theodosius Dobzhansky (1900-1975), biologo, genetista, anticreazionista, possiamo riassumere dicendo che esistono due momenti trascendenti nella nostra storia di terrestri: la comparsa della vita sulla terra e poi la comparsa dell'uomo, e delle sue potenzialità, così come lo comprendiamo oggi (*Genetics and the Origin of Species, 1937*).