

DANILO CONCAS

Viaggio all'origine della vita

SAGGI

tab edizioni

© 2022 Gruppo editoriale Tab s.r.l.
viale Manzoni 24/c
00185 Roma
www.tabedizioni.it

Prima edizione novembre 2022
ISBN versione cartacea 978-88-9295-583-7
ISBN versione digitale 978-88-9295-584-4

È vietata la riproduzione, anche parziale,
con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la
fotocopia, senza l'autorizzazione dell'editore.
Tutti i diritti sono riservati.

Indice

p.	7	Introduzione
	17	Capitolo 1 <i>In principio</i>
	35	Capitolo 2 <i>Il Big Bang della vita</i>
	57	Capitolo 3 <i>Una fabbrica in fondo al mare</i>
	75	Capitolo 4 <i>Dalla geochimica alla biochimica. L'era del contenitore magico</i>
	99	Capitolo 5 <i>L'origine della biochimica. I nucleotidi</i>
	123	Capitolo 6 <i>L'origine della biochimica. Proteine, enzimi e metabolismo</i>

p. 153	Capitolo 7 <i>Verso le prime cellule. Storia di una collaborazione</i>
201	Capitolo 8 <i>La specialità della vita</i>
237	Capitolo 9 <i>Un fenomeno universale, raro o unico?</i>
315	Capitolo 10 <i>Vita artificiale. Biologia sintetica e altre forme di vita</i>
355	Conclusioni
359	Bibliografia

Introduzione

Lo sfuggente concetto di vita

Mentre percorrete la strada che vi porta al lavoro, il percorso che vi conduce verso la meta delle vostre vacanze o semplicemente durante una rilassante passeggiata, vi sarà capitato di ammirare la bellezza della vegetazione, alberi, cespugli e fiori o di osservare meravigliati un animale di passaggio, un gatto, un volo di uccelli o dei comuni insetti che tranquillamente svolgono la loro quotidiana attività o che vi sfrecciano accanto giusto il tempo necessario per avvertirne il ronzio.

Vi sarà anche capitato, meno comunemente forse, di attraversare un paesaggio arido, deserto, lunare, come possono essere le scure pendici di un vulcano ancora calde per una recente eruzione; ebbene, anche se invisibile a occhio nudo, una seppur minima forma di vita state pur certi che è presente. Un singolo batterio, magari in forma di spora, ma comunque presente.

Perché la vita è presente ovunque sul nostro pianeta, dalla superficie all'atmosfera, dall'interno della crosta fino alle profondità più nascoste dell'oceano.

Ma come si è arrivati ad avere così tanta abbondanza di esseri viventi sul nostro pianeta? Da dove e come si sono formati?

Iniziare un discorso che abbia come argomento l'esistenza della vita, non avrebbe senso senza almeno tentare un approccio alla definizione stessa del fenomeno.

La vita è un fenomeno, appunto.

Nel corso dei millenni della storia del pensiero umano, la spiegazione dell'esistenza delle creature viventi, quindi del fenomeno della vita, ha avuto un'evoluzione che è andata di pari passo con il progresso del pensiero scientifico, restando però sempre inafferrabile per quanto riguarda il problema di fondo, cioè la sua natura fisica, il suo apparire dallo sfondo inanimato dell'universo, il suo essere allo stesso tempo parte materiale ed energetica del cosmo e regno nettamente separato. La sua probabile unicità.

E non desta meraviglia che da dove e come la vita abbia avuto origine sia stato un pensiero che ha assillato l'uomo fin dai primordi della sua esistenza; ed ecco che la fantasia generata dal cervello più sofisticato dell'universo conosciuto, ha proposto le più colorite e articolate spiegazioni per giustificare l'esistenza propria, di piante e animali e di tutto il visibile.

Le varie cosmogonie, che spaziano dalle leggende delle civiltà antiche a quelle delle piccole tribù attuali fino all'atto della creazione professato dalle grandi religioni monoteiste (il creazionismo come corrente di pensiero dogmatico è purtroppo ancora fortemente radicato), sono state sempre presenti in qualunque civiltà sia apparsa sul pianeta, segno di un bisogno atavico da parte dell'uomo di inquadrare la propria posizione nel contesto cosmico ma anche, e probabilmente soprattutto, di dare un senso alla presenza di "cose" che nascono, crescono e si trasformano, camminano, corrono, si nutrono, si riproducono e muoiono. Questo è

infatti ciò che ha sempre affascinato noi esseri umani: la natura misteriosa degli esseri viventi. Ecco perché, complice la pressoché totale assenza di una cultura scientifica che ha permeato l'intera umanità nel passato e alcune sacche persistenti nel presente, bisognava spiegare quel mistero con l'intervento di una o più divinità, la cui potenza creatrice soltanto poteva aver generato quelle "cose" strabilianti che funzionavano in base a qualche misterioso meccanismo, attivato in origine da un "soffio" divino senza il quale sarebbero state soltanto polvere.

Attraverso la storia, si è però gradualmente fatta strada l'idea che quelle "cose" non fossero un tutt'uno ma fossero formate da parti infinitamente più piccole (invenzione del microscopio da parte di Leeuwenhoek, 1660 circa, e scoperta della cellula da parte di Robert Hook, 1665), l'attività delle quali generava la forma e il funzionamento delle strutture più grandi (teoria cellulare di Theodor Schwann, 1839 e Robert Remak, 1841). Allo stesso modo prese corpo la rivoluzionaria idea che gli esseri viventi attuali non avessero la stessa forma dei loro progenitori più antichi (Jean Baptiste Lamarck, 1809 e Robert Chambers, 1844), idea raffinata poi da Charles Darwin e Alfred Wallace, nel 1858, che spostava sempre più indietro nel tempo l'origine degli esseri viventi fino a raggiungere un numero di anni così elevato da ridicolizzare i circa seimila anni prospettati dai calcoli sulle generazioni descritte nella Genesi biblica (storicamente vennero eseguite varie datazioni e stime che variavano a seconda della fonte, ma a noi qui non interessa); di fatto, almeno per il momento, le tracce relative alle prime forme di vita risalgono a circa 3,5 miliardi di anni fa (Walter 1980), nelle formazioni rocciose chiamate stromatoliti nella regione

del Pilbara Craton in Australia, che sono il risultato fossile dell'attività di cianobatteri (alghe unicellulari azzurre) primordiali, le cui secrezioni mucillaginose inglobarono il calcare marino e altri sedimenti. Il risultato di tale attività si può osservare ancora oggi nelle tipiche forme a "cavolfiore" situate nella località chiamata Shark Bay, in Australia, poiché il processo di crescita continua di questi antichi cianobatteri è tuttora in corso.

Le scoperte scientifiche nel campo sono quindi andate man mano a ritroso nel tempo, fino a concepire l'idea che i primi esseri viventi sulla Terra dovevano essere stati delle singole cellule, diverse da quelle attuali ma con una dotazione funzionale (utilizzo dei nutrienti ambientali, trasmissione del materiale genetico e gestione biochimica/energetica) abbastanza simile.

La reale complessità che riguarda la comparsa della vita sul nostro pianeta (e per estensione, come vedremo in seguito, su qualunque altro luogo del cosmo), non riguarda tanto ciò che è successo dalla formazione delle prime cellule in poi, ma quanto accaduto molto prima, durante la neogenesi dei semplici composti organici precursori dei moderni amminoacidi, nucleotidi, acidi grassi e tutta la miriade di piccole molecole che, insieme a importanti atomi (soprattutto metalli) cofattori, hanno seguito un complesso processo di assemblamento che ha portato all'origine di una protocellula.

Ovviamente, il punto assoluto di partenza è stata la nucleosintesi stellare durante la quale, all'interno di una prima generazione di stelle a partire dal Big Bang, vennero prodotti tutta una serie di elementi via via più pesanti che sarebbero poi stati sparsi per l'universo in seguito alla catastrofica esplosione della stella (supernove e ipernove), dopo che l'e-

nergia liberata dalle trasmutazioni nucleari al suo interno cessò di sostenere la sua massa. Come vedremo in seguito, la nucleosintesi stellare, assieme alla distribuzione di una vasta gamma di elementi chimici nella zona di universo occupata da una nebulosa (i resti di una esplosione stellare), sono parte imprescindibile del processo di origine della vita. La materia prima, gli ingredienti da accumulare prima di iniziare il lavoro.

Come accennato prima, tentare di dare una definizione al fenomeno della vita è un compito quantomeno arduo, benché diverse definizioni siano state date, alcune delle quali sconfinanti nel campo della speculazione metafisica (e che non prenderemo in considerazione perché privi di valore ai fini di questo discorso), ma nessuna riesce ancora a dare una risposta soddisfacente e completa, benché numerosi comitati scientifici siano stati predisposti allo scopo.

Una fra tutte, però, ha riscosso notevole successo sia in ambito accademico che a livello divulgativo: quella riportata da Gerald Francis Joyce, biologo molecolare autore di rilevanti scoperte sulle funzioni del Ribozima (un tipo di RNA con capacità enzimatiche che incontreremo in seguito) e pioniere degli esperimenti sull'evoluzione in vitro. Come viene riportato in un articolo di Steve Benner (Benner 2010) e da Pier Luigi Luisi (Luisi 1998), Joyce elaborò le discussioni di un comitato organizzato dalla NASA nel 1994 per esplorare le reali possibilità dell'esistenza della vita nel cosmo (Joyce 1994), al quale contribuì anche il grande Carl Sagan (indimenticato autore del romanzo *Contact*), dietro il cui suggerimento venne formulata la definizione seguente: «La vita è un sistema autosostenuto, capace di evoluzione darwiniana».

Una frase semplice ma che contiene due principi fondamentali, cioè i termini “autosostenuto” ed “evoluzione darwiniana”; in pratica un sistema per essere definito come vita deve essere autonomo dal punto di vista del procurarsi e del trasformare l'energia e la materia per il suo sostentamento e deve poter evolvere e migliorarsi (adattarsi) rispetto all'ambiente circostante rispondendo alla pressione selettiva darwiniana (la cosiddetta sopravvivenza del più adatto e conseguente trasmissione delle mutazioni alla prole).

Una definizione più raffinata e completa venne data dall'astrobiologo Radu Popa (Popa 2010):

1. gli esseri viventi sono sistemi autosostenuti capaci di evoluzione adattativa individuale, collettiva o in linea di discendenza;
2. essere vivi è lo stato che esprime queste capacità;
3. la vita è un concetto indicante che le suddette capacità sono sia virtuali che effettivamente presenti.

Il termine “virtuale” in questo caso serve a includere anche quei casi particolari che ci consentiranno, più avanti, di discutere l'esistenza di un'eventuale vita extraterrestre, che potrebbe essere talmente diversa da non poterla riconoscere.

Nel suo lavoro, Popa fornisce anche un'indicazione molto importante sulla quale basarsi per avere un'idea di che cosa è un sistema vivente; egli dice che qualunque definizione deve collocarsi a metà strada tra una visione olistica, per la quale l'insieme di un sistema complesso (es. una cellula) origina una caratteristica (la vita) che non può essere spiegato solo come la semplice somma dei suoi singoli meccanismi (i singoli sistemi biochimici), e la visione riduzionista che

invece reputa ogni più piccolo componente di un sistema vitale (es. un sistema biochimico) sufficiente a spiegare l'emergenza dello stato vitale. È abbastanza ragionevole quindi essere d'accordo con Popa e stabilire salomonicamente che la verità sta nel mezzo: i più piccoli meccanismi biochimici, uniti e cooperanti a formare un sistema più complesso, sinergistico, fanno emergere quella caratteristica particolare chiamata vita che comunque non può essere data per scontata analizzando i singoli meccanismi biochimici.

Prendiamo ad esempio un puzzle: per quanto le singole tessere riescano a far intuire il contenuto dell'immagine finale, soltanto il loro preciso e unico assemblamento darà origine all'immagine vera e propria. Allo stesso modo una cellula di per sé è soltanto un oggetto, ma le migliaia di vie metaboliche (in breve le serie di reazioni biochimiche che trasformano l'energia in composti chimici e questi ultimi in energia) e le fini interazioni fra le biomolecole strutturali e quelle che trasportano informazioni, fanno sì che la cellula nel suo complesso possa definirsi una forma di vita. D'altra parte, se analizziamo nei minimi dettagli la molecola del DNA, essa può darci una vaga indicazione di cosa può fare, magari lasciandoci intuire che si tratta di un sofisticato sistema per immagazzinare informazioni e consentire l'espressione dei geni, ma di per sé non può essere definito come un sistema vivente, sebbene complesso e importantissimo. Quindi il riduzionismo, cioè lo spiegare che una cellula è viva con il solo funzionamento delle singole reazioni biochimiche, non è sufficiente perché la complessità della vita cellulare emerge solo con il completo assemblamento e la perfetta sincronia delle varie reazioni che danno quindi un risultato non previsto (olismo) e maggiore della somma

delle parti (sinergico); d'altra parte l'olismo da solo non spiega perché una cellula è viva con tutti gli annessi e connessi.

Lascio al lettore che lo desidera la possibilità di approfondire il concetto di olismo e riduzionismo su testi più qualificati, ma mi sento in obbligo a questo punto di fare un'ultima precisazione: la contrapposizione tra olismo e riduzionismo è completamente diversa dalla contrapposizione tra misticismo e meccanicismo. Il meccanicismo è a tutti gli effetti una caratteristica riduzionista, se non sinonimo di riduzionismo, perché spiega in termini fisico-chimici il funzionamento di un sistema biologico (la cellula), mentre il misticismo non è assolutamente contemplato dall'olismo (anche se è facile, considerando solo l'olismo, scivolare nel misticismo per una persona poco preparata scientificamente). Il misticismo esula totalmente da una trattazione scientifica del fenomeno della vita, poiché prevede che alla sua origine ci sia un "soffio divino" una "energia trascendente" che determina il fatto che la cellula del nostro precedente esempio sia viva. Ammette l'esistenza dei meccanismi biochimici ma il loro completo e ben concertato assemblamento non farebbe emergere la caratteristica della vita senza un intervento soprannaturale. Sicuramente non troverà altro spazio in questo libro.

Ho scritto prima che il DNA è importantissimo, ma per sottolineare quanto l'insieme sia tanto importante quanto il singolo meccanismo (l'accoppiamento olismo-riduzionismo) per far sì che una cellula sia viva, riporto la risposta frequente che, durante i miei anni all'università, dava il mio professore di biochimica e biologia molecolare allo studente che, durante l'esame, descriveva una certa reazione biochimica cellulare come "importante" per il funzionamento della cellula; a quel punto il professore chiedeva con calma:

«Bene. Ora mi faccia un esempio di via metabolica “non” importante per la cellula».

A quel punto lo studente capiva di aver detto un “importante” di troppo.

Una volta appurato che la definizione di vita adottata dalla NASA e precedentemente esposta è quella che dà le più ampie possibilità di applicazione nel distinguere scientificamente tra vita e non-vita (un concetto che riprenderemo in seguito, quando parleremo di esobiologia), viene spontaneo chiedersi qual è il confine tra le due condizioni, o se un tale confine esiste veramente.

Come si è avuta la transizione da non-vita a vita?

Teniamo presente che la prima caratteristica sensazionale e “miracolosa” della vita (la seconda è di tipo termodinamico e la scopriremo in seguito) è proprio la sua comparsa avvenuta per auto-assemblaggio di piccole molecole, per proseguire poi con la formazione di molecole sempre più complesse e arrivare alla primissima protocellula. Ecco, in questo complicato contesto chimico-fisico si può cercare la transizione da materia non-vitale a materia vitale.

Ma come sono cominciate le relative reazioni chimiche e in quale ambiente sono avvenute?

La vita è un fenomeno spontaneo che può accadere comunque e dovunque oppure è stato un evento talmente casuale da essere irripetibile?

Questa è la zona di massima difficoltà, il problema centrale della teoria della comparsa della vita nell’universo.

Ma proseguiamo con calma con i prossimi capitoli, andando a vedere dove l’uomo, la forma di vita più avanzata su questo pianeta, è finora arrivato per comprendere le sue origini.