

ALESSANDRO GIORGETTI

L'alba sulla Terra

Alla scoperta delle origini della vita

SAGGI

tab edizioni

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

Prima edizione settembre 2022
ISBN versione cartacea 978-88-9295-558-5
ISBN versione digitale 978-88-9295-559-2

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 Premessa
- 9 Capitolo 1
Cos'è la vita?
- 1.1. Alcune definizioni, 9
 - 1.2. Considerazioni conclusive, 14
- 17 Capitolo 2
Le basi della vita
- 2.1. I regni dei viventi, 17
 - 2.2. La composizione chimica dei viventi, 19
 - 2.3. Organizzazione cellulare, 24
 - 2.4. Stato di aggregazione della materia vivente, 29
- 31 Capitolo 3
La nascita della Terra e lo sviluppo della vita
- 3.1. La formazione del Sistema solare, 31
 - 3.2. L'evoluzione dell'atmosfera e la comparsa della crosta terrestre, 36
 - 3.3. La comparsa della vita, 42
 - 3.4. Lo sviluppo delle forme viventi, 45

- p. 59 Capitolo 4
 Teorie sulle origini della vita
 4.1. Il creazionismo, 60
 4.2. Le teorie abiogenetiche del passato, 62
 4.3. Morte e resurrezione dell'abiogenesi, 66
 4.4. L'abiogenesi moderna: la vita è nata da semplici molecole inorganiche, 68
- 83 Capitolo 5
 Dalla prima cellula all'uomo. L'evoluzione dei viventi
 5.1. Le basi del darwinismo, 83
 5.2. L'endosimbiosi e l'ipotesi Gaia, 88
 5.3. Il Progetto intelligente: la mano di Dio nella diffusione della vita?, 92
- 101 Bibliografia

Premessa

Molti degli antichi abitanti della Terra di decine o centinaia di milioni di anni fa sono ormai piuttosto noti: il continuo ritrovamento di fossili e l'insieme delle conoscenze paleontologiche maturate negli ultimi 150 anni sono in grado di fornirci un quadro abbastanza affidabile dello sviluppo della vita nelle varie ere geologiche. Però se cerchiamo di spingerci ancora più indietro nel tempo, alla ricerca dei “progenitori” o del “progenitore” di tutti gli organismi viventi, in altre parole delle “origini” della vita, le cose si fanno più incerte: quello delle origini, tema affascinante che non interessa soltanto una schiera, peraltro numerosa, di ricercatori ma coinvolge chiunque si ponga delle domande su ciò che ci circonda, è infatti un problema scientifico ancora aperto che, nonostante le numerose teorie succedutesi nell'ultimo secolo, non ha ancora una soluzione condivisa.

Nel mondo della ricerca l'argomento va al di là degli interessi specifici dei biologi, anche se questi, per ovvie ragioni, rimangono la categoria più coinvolta, perché su di esso convergono conoscenze nei campi della chimica, della fisica, della geologia, della paleontologia e perfino dell'astronomia e della cosmologia perché interessa anche il settore emergen-

te dell'astrobiologia o esobiologia, cioè la ricerca della vita su corpi celesti extraterrestri; la maggioranza degli esperti in questo campo (i cosiddetti esobiologi) ritiene infatti che il modello terrestre possa ripetersi o essersi ripetuto anche su altri pianeti del nostro Sistema solare o di altri sistemi stellari e di conseguenza la comprensione di come gli organismi viventi siano comparsi sul nostro pianeta può fornire indizi sulle possibilità che un corpo celeste del nostro o di altri sistemi stellari possa ospitare la vita.

La ricerca in questo campo è quindi fortemente multidisciplinare e ciò ha risvolti estremamente positivi in un mondo nel quale le necessità di una sempre maggiore specializzazione si accompagnano a un crescente isolamento dei saperi, ognuno dei quali acquista gradualmente un vocabolario proprio tanto da rendere a volte difficoltosa la reciproca comprensione tra operatori in settori diversi anche se contigui. La multidisciplinarietà costringe invece scienziati di diversa estrazione culturale a collaborare in modo stretto, ampliando gli orizzonti e stimolando la fantasia che dal canto suo è un motore fondamentale della ricerca.

La tematica delle origini naturalmente ha anche risvolti filosofici e teologici e da questo punto di vista è stata spesso terreno di scontro tra posizioni diametralmente opposte anche nello stesso mondo scientifico.

In questa sede vengono riportate, in forma divulgativa, alcune considerazioni sul concetto di vita, sugli ambienti della Terra primeva che hanno visto la comparsa e l'evoluzione dei primi esseri viventi e sulle teorie che riguardano le loro origini e il loro sviluppo, facendo il punto sulle conoscenze attuali.

Capitolo 1

Cos'è la vita?

Prima di affrontare il tema delle origini è necessario soffermarsi sul concetto stesso di vita e porsi un'apparentemente semplice domanda: cos'è la vita? La domanda è semplice ma non è affatto banale perché se quasi sempre è relativamente facile distinguere un essere vivente da un oggetto inanimato non è facile definire in maniera esauriente “cosa” è la vita.

1.1. Alcune definizioni

In maniera sintetica si può dire che la vita è «l'insieme delle funzioni che rendono un organismo animale o vegetale capace di conservarsi, svilupparsi, riprodursi e mettersi in rapporto con l'ambiente e con gli altri organismi» (Sabatini, Coletti 2018), oppure: «la condizione degli organismi dotati di una forma specifica, di una costituzione chimica determinata, capaci di mantenersi in una situazione di equilibrio dinamico, cioè di avere un ambiente interno costante nonostante gli scambi con l'ambiente esterno (omeostasi) e di riprodurre queste proprietà in altri organismi simili» (Aa.Vv. 2019), o ancora: «l'insieme delle funzioni che rendo-

no un organismo animale o vegetale capace di conservarsi, svilupparsi, riprodursi e mettersi in rapporto con l'ambiente e con gli altri organismi» (Aa.Vv. 1965).

Si potrebbe continuare per pagine e pagine con queste definizioni, tutte corrette anche se, per ragioni di sintesi, alcune possono apparire eccessivamente generiche. Se si va più sullo specifico, c'è chi focalizza la sua attenzione sulla "riproduzione": da questo punto di vista potremmo accettare la definizione di Carl Woese (1928-2012) dell'Università dell'Illinois, secondo il quale la vita è «un'entità capace di costruire una copia di sé a partire da pezzi che nel loro insieme sono più semplici dell'entità stessa». In realtà con questa definizione anche un robot progettato per costruire e magari mantenere in funzione copie di sé stesso senza ricorrere ad aiuti esterni potrebbe essere considerato un essere vivente; questo però apre nuove problematiche sulla robotica, sull'intelligenza artificiale e sulla "vita non biologica" che esulano da questo libro. Lo stesso Woese comunque aggiunge che nella definizione di vita l'evoluzione deve avere un ruolo fondamentale; è un'aggiunta importante, mutuata da Stanley Miller (1930-2007) che sottolinea che «non esiste organismo vivente finché non c'è una selezione darwiniana» ma sicuramente non contribuisce molto alla definizione del concetto. Di significato analogo è quella conosciuta come "definizione della NASA", in realtà da attribuirsi a Gerald Joyce (1956-), del Salk Institute for Biological Studies e direttore dell'Istituto di genomica della Novartis Research Foundation: «La vita è un sistema chimico che si auto-mantiene, capace di evolversi in termini darwiniani». Sempre nel tema di identificazione della vita con la capacità di riproduzione è evidente che è necessario riferirsi a un gruppo

di individui o a un individuo singolo in alcuni periodi della sua vita; la definizione “secca” può infatti suscitare ilarità perché tale capacità è caratteristica anche di strutture inanimate come i cristalli ma certamente non di esseri che a noi invece risultano vivi e vegeti come un qualsiasi ibrido interspecifico (sterile per cause geniche, come il mulo) o una donna in menopausa (sterile per cause legate all'età).

Molti identificano la vita con il “metabolismo”, cioè l'insieme dei processi biochimici che impiegano energia per mantenere un certo ordine, sia pure in equilibrio instabile, nell'organizzazione chimica della materia vivente: è una delle definizioni sintetiche più soddisfacenti. Alcuni hanno obiettato che anche il fuoco, che di certo non è vivente, usa dell'energia per mantenersi, oltre a nascere, svilupparsi e morire, tutte funzioni vitali; in realtà il fuoco non crea un ordine dal disordine ma aumenta l'entropia...

Una definizione abbastanza articolata è sicuramente quella riportata dalla biologa americana Lynn Margulis (1938-2011): «La vita è un sistema che si è dato dei confini, costituiti da materia del sistema. Non è una cosa ma un insieme di processi che riguardano la creazione e il mantenimento dell'identità». L'identità della Margulis è il risultato di una delimitazione fisica del vivente nei confronti dell'ambiente esterno, delimitazione che anche negli organismi monocellulari, apparentemente semplici, è costituita da una membrana notevolmente complessa dal punto di vista biochimico-strutturale e dotata di funzioni molto raffinate: basti pensare alla pompa sodio-potassio e alla differenza di potenziale elettrico esistente, e mantenuto, tra interno ed esterno della cellula con grande dispendio energetico. La delimitazione fisica del vivente dall'ambiente esterno è neces-

saria per la conservazione di alcune caratteristiche di ordine proprie, nei confronti del disordine esterno, ed è anche la premessa per l'identità genetica.

Se la separazione tra vivente e ambiente è netta per la vita oggi conosciuta, alcuni dubitano che sia sempre stato così. Il biochimico Jeffrey Bada, uno dei massimi esperti delle problematiche connesse con le origini e che ha diretto un gruppo di ricerca in esobiologia della NASA presso lo Scripps Institution of Oceanography a La Jolla, California, interpreta la vita primitiva come una fanghiglia schiumosa di molecole capaci di reduplicarsi, senza confini ben definiti, rappresentati semplicemente dalle diverse caratteristiche di solubilità, densità e tensione superficiale del materiale organico in fase di organizzazione rispetto alle soluzioni prevalentemente inorganiche presenti in un "brodo primordiale"; la vera separazione sarebbe avvenuta solo in seguito con la comparsa di membrane vere e proprie di natura gelatinosa o addirittura lipoproteica com'è nelle cellule attuali. È forse questo il passaggio vero e proprio da una situazione di "pre-biosi", cioè da un materiale solo in parte organizzato e ancora non definibile vivente, a una vera "biosi" cioè a organismi in possesso di tutti gli attributi di un vivente: in parole povere quello che viene definito "cellularizzazione". Sempre secondo J. Bada le membrane dettero ai nuovi organismi un enorme vantaggio evolutivo: con la possibilità di mantenere all'interno i prodotti utili del metabolismo e di espellere i rifiuti, essi poterono diffondersi in tutto il mondo ed evolvere nella miriade di forme oggi presenti sul nostro pianeta. L'idea di una fanghiglia indistinta di molecole prebiotiche più o meno complesse e, più in generale, di un "brodo primor-

diale” ha in realtà ricevuto negli anni molte critiche anche se la scoperta delle toline¹ su alcuni corpi celesti trans-gioviniani ha rimesso tutto in discussione.

Considerato da un'angolazione diversa un essere vivente è stato anche definito un «complesso molecolare che ubbidisce alle leggi fondamentali della termodinamica e della cibernetica» (Frenguelli 2020) cioè un insieme di molecole compartimentate e attraversate da un flusso di materiali, energia e informazioni. Questa è un'ottima definizione scientifica, pure nella fissità dell'immagine e quindi priva di riferimenti specifici alla forza dell'evoluzione.

Secondo Antoine Danchin, direttore del Centre for the Humanities and Medicine HKU Pasteur di Hong Kong, da lui fondato e orientato sulla bioinformatica, la vita è rappresentabile come un insieme di quattro processi intimamente associati: metabolismo, compartimentazione, memoria e manipolazione; memoria e manipolazione sono legati attraverso la codificazione, essenziale alla definizione della vita.

1. Le toline (così chiamate dall'astronomo Carl Sagan, dal greco *tholós* = fanghiglia) sono polimeri carboniosi ricchi di azoto scoperti su alcuni satelliti dei pianeti gassosi (soprattutto Titano, satellite di Saturno e Tritone, satellite di Nettuno) e probabilmente presenti anche su altri oltre che sul pianeta-nano Plutone, su comete e su alcuni pianeti extrasolari, che si formano per l'azione degli ultravioletti e delle radiazioni cosmiche su molecole organiche (prevalentemente metano, etano e ammoniaca) e inorganiche (azoto molecolare) ampiamente presenti nell'atmosfera riducente di quei corpi celesti. Le stesse sostanze, non presenti in natura sulla Terra di oggi, si possono ottenere in laboratorio irradiando artificialmente miscele di gas di composizione simile o uguale a quelle presenti su quei corpi celesti. Nonostante che non siano presenti in natura sul nostro pianeta almeno da oltre 3 miliardi di anni, le toline sintetizzate artificialmente hanno dimostrato di poter essere utilizzate come fonte di nutrimento per molti batteri del suolo terrestri e forse sono stati il *pabulum* delle prime forme di vita comparse sulla Terra. Oggi esse non si possono formare per l'ampia presenza di ossigeno che conferisce all'atmosfera attuale caratteristiche marcatamente ossidanti.