
IL COSMO VIVENTE: L'ASTROBIOLOGIA E LA RICERCA DELLA VITA NELL'UNIVERSO¹

ENZO GALLORI

Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze

1 - Introduzione

L'Astrobiologia è la disciplina scientifica che ha al centro del suo interesse uno dei problemi più affascinanti di tutta la scienza: lo studio dell'origine, dell'evoluzione e della diffusione della vita sulla Terra e nell'Universo. Essa è nata, come campo di ricerca autonomo, intorno agli anni novanta del secolo scorso, principalmente a seguito della decisione della NASA di unificare in un'unica disciplina le diverse materie scientifiche interessate alla ricerca della vita nel cosmo. In questo senso l'Astrobiologia è una disciplina scientifica nuova, poiché solo nelle ultime decadi si è avuta la possibilità di esplorare più profondamente lo spazio extraterrestre e di venire in contatto con corpi celesti del nostro sistema solare; allo stesso tempo è una disciplina molto antica in quanto essa cerca di dare delle risposte a delle domande che l'uomo da sempre si è posto, cioè di come sia nata la vita sul nostro pianeta e della possibile esistenza di altre forme di vita nell'Universo.

L'origine della vita, cioè il passaggio dal non vivente al vivente, rappresenta uno dei problemi ancora irrisolti della scienza contemporanea e, probabilmente, rimarrà tale anche in futuro in quanto è un evento storico e come tutti gli eventi storici, è unico ed irripetibile. Possono essere avanzate ipotesi riguardo ai possibili meccanismi che hanno portato all'origine delle prime forme viventi che, in alcuni casi, possono essere sottoposte anche a delle verifiche sperimentali. Tuttavia non sarà mai possibile dimostrare ciò che realmente è accaduto sulla Terra primordiale. Nonostante questo, i progressi che si sono avuti negli ultimi anni nelle discipline che hanno a che fare con questo campo di indagine, che è necessariamente multidisciplinare, ossia la biologia, la chimica, la fisica, l'astronomia e le scienze planetarie, la geologia, ecc., come pure la possibilità di poter esplorare il cosmo più lontano da noi in modo sempre più approfondito grazie ai telescopi montati sui satelliti (come Hubble e Spitzer), ci stanno aiutando a comprendere sempre meglio i meccanismi molecolari che sono alla base della vita e della sua nascita. L'individuazione in questi ultimi anni di un numero sempre maggiore di pianeti al di

¹ Lezione tenuta venerdì 29 novembre 2013, ore 11 - Liceo Scientifico G. Galilei, Via Cesare Battisti n.13, Siena, lunedì 9 dicembre 2013, ore 11 - Liceo Classico Statale Michelangiolo, Via della Colonna nn. 9-11, Firenze, giovedì 13 febbraio 2014, ore 11 - ISIS L. da Vinci, Via del Terzolle n. 91, Firenze

fuori del nostro sistema solare, i cosiddetti esopianeti (quasi duemila alla fine di Aprile 2014), ci induce a sperare di trovare qualche pianeta avente caratteristiche simili alla Terra e quindi in grado di poter ospitare qualche forma di vita extraterrestre.

2 - Origine della vita sulla Terra

La ricostruzione del processo evolutivo che partendo dalla materia inanimata ha portato alle prime forme di vita, può essere fatta solo basandosi sulle conoscenze scientifiche dei processi biologici che regolano la vita di tutte le cellule. In particolare, gli studi condotti negli ultimi cinquanta anni hanno dimostrato che tutti gli esseri viventi, da quelli più semplici come i batteri a quelli più complessi come l'uomo, condividono lo stesso programma biologico basato sugli acidi nucleici (DNA, RNA) e sulle proteine, il cosiddetto "Principio centrale della biologia" [1]. In base a questo principio l'informazione genetica, archiviata nella sequenza dei nucleotidi, l'unità costitutiva degli acidi nucleici, è la base fondante della vita.

Essa infatti, mediante i processi della trascrizione e della traduzione, contiene l'informazione per produrre le proteine, sia quelle che costituiscono l'ossatura delle cellule, sia quelle (enzimi) che permettono la maggior parte delle reazioni che avvengono nelle cellule stesse. Inoltre, la specifica sequenza con cui si susseguono i nucleotidi, l'unità costitutiva degli acidi nucleici, lungo la molecola del DNA è trasmessa, mediante il processo della replicazione, da una generazione a quella successiva, assicurando così la perpetuazione dell'informazione genetica sul nostro pianeta. Non solo, poiché questa informazione può andare incontro a dei cambiamenti ereditabili (mutazioni) essa rappresenta il materiale di partenza su cui ha agito e agisce l'evoluzione.

Questi sono gli aspetti fondamentali del processo biologico che chiamiamo vita e, sebbene altre caratteristiche siano necessarie ad essa, la presenza da un lato del materiale genetico (DNA/RNA) è dall'altro delle molecole proteiche è assolutamente essenziale.

Relativamente all'origine di queste biomolecole, in linea di principio esistono due possibilità: un'origine spontanea qui sulla Terra (origine endogena), oppure un'origine extraterrestre (origine esogena).

Per quanto riguarda la prima ipotesi, essa si basa sulle geniali intuizioni di un giovane biochimico russo Aleksandr I. Oparin il quale, agli inizi degli anni '20 del secolo scorso, ipotizzò che le molecole organiche dei viventi si fossero originate a partire dai gas presenti nell'atmosfera primordiale (H_2 , CH_4 , NH_3 , HCN , H_2O , CO_2 , ecc.). Un'atmosfera di questo tipo, detta "riducente" perché caratterizzata dalla mancanza di ossigeno gassoso (O_2), sotto l'azione dei fulmini e di altre forme di energia (raggi cosmici, il calore delle eruzioni vulcaniche, ecc.), avrebbe favorito la combinazione di questi gas, con la formazione di molecole organiche più complesse, come gli aminoacidi, che sarebbero andate a finire per effetto delle piogge nei mari primordiali, dando origine al cosiddetto "brodo primordiale". In quegli stessi anni (1929), il genetista inglese John B.S. Haldane era giunto a delle conclusioni analoghe. Per questo la teoria dell'origine del vivente a partire da composti organici semplici presenti sulla Terra ancestrale è nota

come “Teoria di Oparin-Haldane” [2]. Questa ipotesi così rivoluzionaria, trovò la sua consacrazione ufficiale circa 15 anni più tardi grazie agli esperimenti condotti da un giovane chimico statunitense Stanley L. Miller, il quale verificò in laboratorio la fondatezza delle idee di Oparin e Haldane riuscendo ad ottenere, in un esperimento che simulava le condizioni da loro ipotizzate, alcuni aminoacidi, cioè gli elementi costitutivi delle proteine [3].

Negli anni successivi, sono stati condotti molti altri esperimenti dello stesso tipo grazie ai quali è stato possibile ottenere i più svariati composti tipici degli esseri viventi, fra cui le basi nucleotidiche presenti nel DNA e nell'RNA.

Tuttavia rimaneva il problema della formazione delle prime molecole biologiche in presenza di enormi quantità di acqua, come quelle degli oceani primordiali, data la scarsa concentrazione dei precursori. Questo aspetto era ben presente ad alcuni scienziati, in particolare all'inglese John D. Bernal, il quale nel 1951 [4] suggerì che queste reazioni dovessero essere avvenute sulla superficie di particelle minerali, in particolare le argille. Queste ultime, infatti, per le loro proprietà chimico-fisiche avevano la capacità di assorbire e concentrare le molecole organiche presenti nelle acque, di proteggerle nei confronti della degradazione da parte delle alte temperature e del forte irraggiamento e di favorire (catalizzare) la loro unione in polimeri sempre più complessi.

Negli ultimi anni, l'ipotesi di un'origine del vivente mediata dalle superfici minerali, il cosiddetto “mineral honeycomb” (“culla minerale”), ha ricevuto una serie di impressionanti conferme sperimentali. Tra l'altro si è visto che gli acidi nucleici adsorbiti alle argille risultano protetti nei confronti delle radiazioni (raggi X e UV) [5].

3 - La vita altrove

Queste osservazioni sul ruolo “chiave” svolto dai minerali riguardo alla formazione, alla “preservazione” del materiale genetico primordiale e quindi alla sua possibilità di “evolvere”, hanno dato nuovo impulso alla teoria esogena sull'origine della vita, la cosiddetta Panspermia (dal greco “semi ovunque”), la quale afferma che le molecole di partenza per la costruzione delle prime cellule viventi sono state trasportate sulla Terra da corpi celesti come meteoriti, comete, asteroidi, ecc. L'Universo, infatti, è molto “ricco” dal punto di vista chimico. Più di 100 specie molecolari, alcune molto complesse come gli idrocarburi policiclici aromatici, noti con la sigla PAH, sono state identificate nel gas presente nel mezzo interstellare della nostra Galassia [6]. Tra queste un cenno particolare merita l'individuazione della glicolaldeide, il materiale di partenza per ottenere lo zucchero ribosio presente nell'RNA, nel gas al centro della Via Lattea, così come nella regione di formazione di una stella lontana 26.000 anni luce da noi. Oltre agli ambienti interstellari e nelle regioni attorno alle stelle in formazione, molecole sono state trovate anche nelle comete, nelle meteoriti, e associate ai grani di polvere cosmica, la cosiddetta “polvere cosmica”, la quale pervade tutto l'Universo. Le analisi molto approfondite condotte nel corso di oltre venti anni su alcuni meteoriti, in particolare sul meteorite di Murchison, hanno indicato la presenza in questo corpo celeste, una condrite carbona-

cea di 4,6 miliardi di anni, di oltre 100 composti organici complessi, dagli aminoacidi agli zuccheri, agli acidi carbossilici, alle basi nucleotidiche come la xantina e l'uracile [7]. Per quanto riguarda le comete, nell'agosto 2009 è stato annunciato, dai ricercatori della NASA, il ritrovamento dell'aminoacido glicina in uno dei grani di polvere della cometa Wild 2, riportati a terra dalla sonda spaziale Stardust della NASA [8].

In questo scenario, lo studio dei meccanismi di formazione, trasporto e "protezione" del materiale biotico sulla superficie terrestre o di altri pianeti, attraverso meteoriti, grani cometari o polvere cosmica, acquista un rilievo estremamente importante in quanto il loro studio può fornire informazioni estremamente utili non solo sulla formazione del nostro sistema solare, ma anche sull'origine della vita, avendo contribuito all'inseminazione della Terra, circa 4.0 miliardi di anni fa, con la materia organica dalla quale poi si sono originate attraverso un complesso percorso evolutivo le prime cellule viventi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] B. Lewin et al., *Il Gene*, Zanichelli, Bologna, 2011
- [2] A.I.Oparin, *L'origine della vita*, Boringhieri, Torino, 1977
- [3] S.L.Miller, A production of amino acids under possible primitive Earth conditions, *Science*, 117, 528-529, 1953
- [4] J.D.Bernal, *The Physical Basis of Life*, Routledge & Kegan Paul, London, 1951
- [5] E.Gallori et al., Looking for the Primordial Genetic Honeycomb, *Origin of Life and Evolution of the Biosphere*, 36, 493-499, 2006
- [6] P. Ehrenfreund and J. Cami, Cosmic carbon chemistry: from the interstellar medium to the early Earth, in D. Deamer and J. Szostak (eds.), *The Origin of Life*, pp. 21-34, Cold Spring Harbor, New York, 2010
- [7] S. Pizzarello, G. U. Cooper, C. J. Flynn, *Meteorites and the Early Solar System*, University of Arizona Press, Tucson, 2006
- [8] M. McKee, Found: first amino acid on a comet, «*New Scientist*», August 2009