

ALESSANDRO GIORGETTI

# **Alla scoperta della vita nel cosmo**

Introduzione all'esobiologia

**SAGGI**

# Indice

- p. 7 Premessa
- 13 Capitolo 1  
*Evoluzione storica del pensiero nei riguardi della vita aliena*
- 21 Capitolo 2  
*Il modello: la vita di tipo terrestre*  
2.1. Le origini della vita sulla Terra, 21  
2.2. Le basi composizionali e strutturali della vita, 24
- 27 Capitolo 3  
*Condizioni per la nascita e lo sviluppo della vita in ambiente extraterrestre*  
3.1. La sequenza di sviluppo della vita terrestre, 28  
3.2. Condizioni necessarie allo sviluppo della vita, 30
- 43 Capitolo 4  
*Possibili modelli di sviluppo della vita*  
4.1. Evoluzione continua, 43  
4.2. Evoluzione per salti discreti, 45

- p. 57    Capitolo 5  
*Alla ricerca della vita. Viaggio nel Sistema solare e oltre*  
5.1. Il Sistema solare, 59  
5.2. La Luna, 61  
5.3. Il Sole, 66  
5.4. Mercurio, 68  
5.5. Venere, 74  
5.6. Marte, 82  
5.7. Asteroidi, 113  
5.8. Giove, 115  
5.9. Saturno, 127  
5.10. Urano, 150  
5.11. Nettuno, 156  
5.12. Plutone, 160  
5.13. La periferia del Sistema solare, 165  
5.14. Pianeti extrasolari, 168  
5.15. L'equazione di Drake, 172
- 177    Capitolo 6  
*Come riconoscere la vita? I biosegnali*
- 181    Capitolo 7  
*Terraformazione e colonizzazione dei pianeti*  
7.1. La terraformazione di Marte, 184  
7.2. La terraformazione di altri pianeti e satelliti, 188
- 191    Bibliografia  
199    Ringraziamenti

## Premessa

C'è vita al di fuori del nostro pianeta? Esistono “esobio-cenosi”, cioè complessi di organismi viventi non terrestri legati tra loro sotto il profilo ecologico in qualche pianeta del nostro Sistema solare o di altri sistemi? Sono domande alle quali da tempo si cercano delle risposte. Finora nessun organismo extraterrestre è stato con sicurezza riconosciuto; per quello che ne sappiamo perciò il termine “esobio-cenosi” potrebbe avere solo un significato fantascientifico nonostante esistano, in diversi atenei del mondo, corsi di insegnamento su argomenti che riguardano “come” e “dove” la vita potrebbe essersi sviluppata. Non mancano gli scettici che si chiedono: “Perché la vita dovrebbe esistere anche fuori dal nostro pianeta?”. Nonostante le apparenze non è una domanda banale visto che la Terra possiede delle specificità probabilmente poco comuni e da molti considerate addirittura uniche; inoltre l'insieme delle combinazioni attraverso le quali sulla Terra di alcuni miliardi di anni fa si sarebbe passati da una miscela di molecole inorganiche a forme di vita sia pure semplici potrebbe essere un caso irripetibile anche se tale affermazione assume il significato di un dogma.

La risposta più semplice alla domanda degli scettici è un'altra domanda: "Perché la vita non dovrebbe esistere anche fuori dal nostro pianeta?". Osserviamo che se la prima è criticabile perché si appoggia al dogma dell'unicità e della irripetibilità di una serie di combinazioni anche la seconda domanda non è esente da critiche perché in fondo anch'essa si appoggia a un dogma: quello che, in determinate condizioni, la vita sia l'evoluzione naturale della materia inanimata. In questo caso si fa appello all'universalità delle leggi che regolano il cosmo nell'ambito del quale la Terra, pur con le sue specificità, non può essere considerata un caso unico; inoltre l'enorme numero di corpi celesti presenti nell'universo rendono oggettivamente probabile o almeno non impossibile, su basi statistiche, la presenza di organismi viventi da qualche parte dello spazio extraterrestre. Infine: alcune moderne teorie sulle origini della vita; la già accertata presenza di acqua in corpi celesti del nostro Sistema solare, con la consapevolezza che ciò è premessa indispensabile, anche se non sufficiente, allo sviluppo di forme di vita a noi consuete; alcune analisi microscopiche e chimiche di meteoriti; il moltiplicarsi di indizi su probabili attività metaboliche sulla superficie di Marte; la continua scoperta di nuovi pianeti extrasolari alcuni dei quali sembrano presentare rassomiglianze con la Terra, rendono assai meno fantascientifica la base concettuale di una nuova disciplina che si è affacciata con sempre maggiore importanza nello scenario della ricerca scientifica alla quale sono stati assegnati nomi diversi ma di analogo significato: "esobiologia", "bioastronomia", "astrobiologia", "xenobiologia". Si tratta in realtà non di una disciplina ma di una scienza fortemente multidisciplinare, nella quale confluiscono conoscenze di tipo biologico, chimico,

biochimico, ecologico, geologico, fisico, astronomico e che potrebbe avere importanti ricadute tecnologiche, economiche e sociali. Attenzione: l'esobiologia non fa riferimento a "marziani", omini verdi o dischi volanti o più in generale a intelligenze aliene, argomenti oggetto di speculazioni almeno per ora in gran parte estranee a questa scienza, che si limita a trattare le possibilità di presenza di forme di vita più o meno evolute su alcuni pianeti e satelliti del Sistema solare e di altri sistemi simili al nostro.

Il punto di partenza dell'esobiologia è la comprensione di come e in quali condizioni abiotiche la vita sia apparsa sulla Terra. Sulla base di alcuni principi generali che ispirano le teorie su questo argomento è infatti possibile spingere la nostra analisi a situazioni esterne al nostro pianeta e studiare le analogie e le differenze con le presupposte condizioni terrestri nel periodo in cui si ipotizza siano comparsi i primi organismi viventi. In altre parole la Terra primordiale può essere usata come modello per descrivere un possibile sviluppo biologico in ambienti esterni con caratteristiche simili.

Questo però pone una serie di problemi, non tutti facilmente solubili. In primo luogo il modello terrestre di alcuni miliardi di anni fa non è perfettamente noto: non solo mancano conoscenze complete sulle reali condizioni della Terra primeva ma non esistono tracce del passaggio dal non vivente al vivente, non si conosce la natura esatta dei primi organismi viventi (il "Progenitore" o i "Progenitori") dai quali tutti gli altri sarebbero derivati e c'è anche chi mette in dubbio l'origine autoctona della vita sulla Terra. Tuttavia le conoscenze che abbiamo oggi sul nostro pianeta nel periodo in cui sarebbe comparsa la vita sono sicuramente più complete, anche se non

esaurienti, rispetto a quelle di appena 60-70 anni fa e numerosi esperimenti di laboratorio sono stati e vengono condotti soprattutto nel settore della “polimerizzazione” di molecole semplici, come singoli nucleotidi o singoli aminoacidi, per arrivare a molecole organiche complesse come i polinucleotidi o le proteine, nel tentativo di fornire risposte più o meno convincenti sulle origini dei primi organismi viventi (Giorgetti 2022). Il termine polimerizzazione è virgolettato perché considerare “polimero” una proteina o un acido nucleico è più o meno una bestialità biochimica ma ormai gli anglofoni usano il termine *polymerization* non solo per i polisaccaridi come dovrebbe essere ma anche per le macromolecole proteiche e nucleotidiche, per fortuna oggi almeno parzialmente corretto dai prefissi co- o etero-.

Purtroppo come ho già accennato, non abbiamo testimonianze sulle primissime fasi della vita sul nostro pianeta. I primi “fossili” (stromatoliti) risalgono infatti a circa 3,7-3,8 miliardi di anni fa e sono soltanto tracce di attività procariotica, in un'epoca indubbiamente molto antica, soprattutto se si considera che la Terra, come pianeta, ha una vita di poco superiore, pari a circa 4,6 miliardi di anni. Sicuramente nei primi due o trecento milioni di anni dalla nascita del nostro pianeta l'ambiente era tale da non consentire la presenza non solo di forme viventi ma neanche di molecole prebiotiche; ebbene, nel “breve” volgere di poche centinaia di milioni di anni siamo già in presenza di procarioti, la cui complessità strutturale e funzionale è incommensurabilmente maggiore della più complessa molecola organica e ciò apre quesiti per i quali non c'è ancora una risposta condivisa.

Il secondo motivo di perplessità sul modello terrestre riguarda la licenza che ci prendiamo quando pensiamo a esso

come unico modello possibile, a partire dalla stessa chimica organica. Veramente la vita, se sviluppatasi altrove nell'universo, deve ovunque aver fatto riferimento alla chimica del carbonio? Non potrebbe, ad esempio, fare o aver fatto riferimento al silicio? Oppure, davvero l'acqua è indispensabile allo sviluppo di tutti gli esseri viventi? Non potrebbero esserci situazioni in cui la vita ad esempio si basa sull'acido solfidrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) o sul metano ( $\text{CH}_4$ )? La domanda è solo apparentemente oziosa perché ad esempio a una tipologia di vita o di pre-vita basata sul metano in condizioni ambientali estreme dove questo idrocarburo è allo stato liquido ci si appella per spiegare certi processi osservati su satelliti dei cosiddetti giganti gassosi alla periferia del Sistema solare; comunque, anche rimanendo più vicini al modello terrestre, è davvero valido sempre e ovunque il "dogma centrale" della biologia con la sequenza:  $\text{DNA} \rightarrow \text{RNA} \rightarrow \text{Proteina}$ ? Questo sembra proprio di no; ormai anche la vita di tipo terrestre ci comincia a mostrare eccezioni al dogma, sicuramente lacunoso e non esaustivo.

Negli anni Settanta del secolo scorso si parlò molto di Marte e le sonde Viking sembrarono fornire inizialmente risposte positive sulla presenza di vita aliena, poi frettolosamente (forse troppo frettolosamente) demolite da alcuni ricercatori e dalla stessa dirigenza NASA. Le successive missioni americane ed europee hanno ridisegnato un panorama parzialmente diverso per il Pianeta Rosso riaccendendo, a intervalli, l'idea dell'esistenza di forme di vita semplici, data anche la ormai certa presenza di acqua; vedremo gli sviluppi nei prossimi mesi e anni. Una quarantina di anni fa si è cominciato a parlare anche di possibili situazioni prebiotiche su satelliti di Giove (Europa e Ganimede) e di Saturno (Ti-



tano), mentre la ricerca di vita al di fuori del Sistema solare è ancora agli inizi, per ovvie ragioni di distanza, nonostante la continua scoperta di nuovi pianeti orbitanti intorno a stelle localizzate in regioni della nostra galassia più o meno vicine a noi.

In questa sede, dopo una rapida carrellata sull'evoluzione del pensiero nei riguardi della vita aliena e brevi cenni sulle basi chimiche e biologiche della vita di tipo terrestre utilizzata come modello, esamineremo le condizioni necessarie affinché su un corpo celeste possano svilupparsi organismi biologici ed effettueremo un viaggio immaginario attraverso il Sistema solare e oltre per verificare se e dove tali condizioni siano almeno in parte soddisfatte e se, sulla base dei risultati delle esplorazioni spaziali, ci troviamo o meno di fronte a biocenosi già organizzate o di probabile futura organizzazione; faremo inoltre alcune brevi considerazioni sulle possibilità di modificazione sostanziale della superficie di altri pianeti in modo da renderla funzionale a ospitare la vita terrestre e la colonizzazione umana.

Ovviamente, date le dimensioni, questo libro non può e non vuole essere un multi-trattato di biologia, di biochimica e di astronomia: sono riportati solo alcuni concetti semplici e i fondamenti necessari alla comprensione di argomenti legati all'esobiologia. Una rassegna bibliografica aggiornata completa il testo e può essere utile per approfondire tematiche di specifico interesse per il lettore.

## Capitolo 1

# Evoluzione storica del pensiero nei riguardi della vita aliena

Se l'esobiologia è una scienza moderna non altrettanto si può dire del pensiero sulla vita aliena: sono secoli che l'uomo si interroga sulla possibilità che altri mondi siano abitati. I primi ad aver ipotizzato la vita al di fuori del nostro pianeta sono stati probabilmente alcuni discepoli di Pitagora e, più o meno nello stesso periodo, Gautama Siddhartha (560-480 a.C.), detto "il Buddha" (l'Illuminato). Il Buddhismo parla infatti dell'esistenza di molti universi e di molti mondi e tutti sarebbero abitati perché i mondi sono creati dal "karma" degli esseri viventi; se questi non esistessero non ci sarebbe il karma e quindi non ci sarebbero i mondi.

Tuttavia di vita extraterrestre, e addirittura di vita intelligente, sembra parlare anche il Libro di Ezechiele, relativo alla sua attività profetica iniziata a Babilonia nel 593 a.C. dopo la conquista di Gerusalemme da parte di Nabucodonosor avvenuta nel 597 a.C. e la conseguente deportazione del re Joachim (o Ioiachin) e di numerosi ebrei, tra cui la casta sacerdotale, nella capitale babilonese. In questo libro c'è la descrizione non solo di esseri intelligenti verosimilmente alieni, generalmente interpretati nell'esegetica

giudaico-cristiana come angeli, ma anche di macchine, governate dagli stessi<sup>1</sup>.

1. «Nell'anno trentesimo, nel quarto mese, il cinque del mese, mentre mi trovavo fra i deportati sulle rive del fiume Chebar, i cieli si aprirono ed ebbi visioni divine. Era l'anno quinto della deportazione del re Ioiachin, il cinque del mese: la parola del Signore fu rivolta al sacerdote Ezechiele, figlio di Buzi, nel paese dei Caldei, lungo il fiume Chebar. Qui fu sopra di lui la mano del Signore. Io guardavo, ed ecco un vento tempestoso avanzare dal settentrione, una grande nube e un turbinio di fuoco, che splendeva tutto intorno, e in mezzo si scorgeva come un balenare di metallo incandescente. Al centro, una figura composta di quattro esseri animati, di sembianza umana con quattro volti e quattro ali ciascuno. Le loro gambe erano diritte e i loro piedi come gli zoccoli d'un vitello, splendenti come lucido bronzo. Sotto le ali, ai quattro lati, avevano mani d'uomo; tutti e quattro avevano le proprie sembianze e le proprie ali, e queste ali erano unite l'una all'altra. Quando avanzavano, ciascuno andava diritto davanti a sé, senza voltarsi indietro. Quanto alle loro fattezze, avevano facce d'uomo; poi tutti e quattro facce di leone a destra, tutti e quattro facce di toro a sinistra e tutti e quattro facce d'aquila. Le loro ali erano spiegate verso l'alto; ciascuno aveva due ali che si toccavano e due che coprivano il corpo. Ciascuno andava diritto davanti a sé; andavano là dove lo spirito li spingeva e, avanzando, non si voltavano indietro. Tra quegli esseri si vedevano come dei carboni ardenti simili a torce, che si muovevano in mezzo a loro. Il fuoco risplendeva e dal fuoco si sprigionavano bagliori. Gli esseri andavano e venivano come una saetta. Io guardavo quegli esseri, ed ecco sul terreno una ruota al fianco di tutti e quattro. Le ruote avevano l'aspetto e la struttura come di topazio e tutte e quattro la medesima forma; il loro aspetto e la loro struttura erano come di ruota in mezzo a un'altra ruota. Potevano muoversi in quattro direzioni; procedendo non si voltavano. Avevano dei cerchioni molto grandi e i cerchioni di tutt'e quattro erano pieni di occhi. Quando quegli esseri viventi si muovevano, anche le ruote si muovevano accanto a loro e, quando gli esseri si alzavano da terra, anche le ruote si alzavano. Dovunque lo spirito le avesse sospinte, le ruote andavano e ugualmente si alzavano, perché lo spirito degli esseri viventi era nelle ruote. Quando essi si muovevano, anch'esse si muovevano; quando essi si fermavano, si fermavano anch'esse e, quando essi si alzavano da terra, anch'esse ugualmente si alzavano, perché nelle ruote vi era lo spirito degli esseri viventi. Al di sopra delle teste degli esseri viventi era disteso una specie di firmamento, simile a un cristallo splendente, e sotto il firmamento erano le loro ali distese, l'una verso l'altra; ciascuno ne aveva due che gli coprivano il corpo. Quando essi si muovevano, io udivo il rombo delle ali, simile al rumore di grandi acque, come il tuono dell'Onnipotente, come il fragore della tempesta, come il tumulto d'un accampamento. Quando poi si fermavano, ripiegavano le ali» (La Sacra Bibbia 2008a).

Pitagora (570-490 a.C.) trasferitosi in Magna Grecia fondò a Crotone una scuola filosofico-matematico-religiosa che ebbe numerosi seguaci. Della sua vita e del suo pensiero filosofico si conosce poco; sappiamo che fu propugnatore della dottrina della metempsicosi e della scienza come elemento di catarsi. Non sappiamo se credesse o meno che altri mondi fossero abitati ma alcuni suoi discepoli, che ampliarono la visione cosmogonica del tempo, lo ritennero possibile: Filolao e Iceta immaginarono un universo sferico con al centro un fuoco, regolatore dei moti degli astri; intorno al fuoco ruotano i vari corpi celesti, in ordine: Anti-Terra (invisibile), Terra, Luna, Sole, Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno, Stelle fisse. È interessante osservare che la Terra non è posta al centro dell'universo; la Luna secondo i pitagorici avrebbe ospitato esseri intelligenti.

Anche alcuni atomisti come Leucippo (460-370 a.C.) e Democrito (V secolo a.C.) immaginarono altri mondi abitati. Contemporaneo al platonismo, l'atomismo si sviluppò a partire dalle concezioni della Scuola Eleatica ma considerate in una prospettiva multipla, plurale. L'Uno di Parmenide, perfetto, eterno e incorruttibile, è visto come un insieme infinito di particelle incorruttibili (atomi) dotate di movimento. Tutti gli esseri sono parti del Tutto infinito e costituiti da atomi, che sono tutti della medesima sostanza, ma differiscono tra loro per dimensioni, forma e posizione, caratteristiche che sono all'origine delle differenze tra le cose. Parti del Tutto possono essersi staccate e riorganizzate in altri luoghi, diversi e lontani dalla Terra, dando origine ad altri mondi; osserviamo che concetti simili sono presenti anche nel Buddismo. Pure nella sua relativa semplicità appare comunque sorprendente l'intuizione della composizione

della materia costituita da particelle piccolissime e invisibili. L'atomismo, avversato da Platone e Aristotele, fu poi ripreso da Epicuro (341-270 a.C.) e, più tardi, dal poeta latino Lucrezio (Tito Lucrezio Caro, 96 o 98-50 o 55 a.C.); nella loro visione post-atomistica sulle origini del nostro mondo come separazione da un Tutto, ci sono spazi per altre separazioni e quindi per altri mondi abitati. Nel secondo libro della sua opera *De rerum natura* Lucrezio scrive chiaramente che in altre parti, al di fuori della Terra, esistono uomini, piante e animali<sup>2</sup> Con le dovute cautele e le marcate differenze date ovviamente dal periodo storico, gli atomisti e soprattutto Lucrezio si potrebbero considerare gli iniziatori della teoria dell'evoluzione molecolare, che sarà poi ripresa molti secoli dopo dalla scienza moderna.

Assai interessante, anche se criptico, è anche un passaggio del Vangelo di Giovanni relativo ad alcune affermazioni di Gesù: «Io sono il buon pastore, conosco le mie pecore e le

2. «In nessun modo quindi si deve credere verosimile che, mentre per ogni verso si schiude vuoto lo spazio infinito e gli atomi volteggiano in numero innumerevole e in somma sterminata, in molti modi, stimolati da moto eterno, soltanto questa terra e questo cielo siano stati creati, e niente facciano là fuori quei tanti corpi di materia; tanto più che questo mondo è stato fatto dalla natura e, da sé spontaneamente a caso urtandosi tra loro gli atomi della materia, dopo essersi accozzati in molti modi alla cieca, a vuoto, invano, alfine si unirono quelli che, combinati insieme d'un tratto, dovevano essere per sempre gli inizi di grandi cose, della terra, del mare e del cielo e delle specie viventi. Perciò, ancora e ancora, è necessario che tu ammetta che esistono in altri luoghi altri aggregati di materia quale è questo che l'etere cinge di un avido abbraccio». E Lucrezio più avanti continua: «Inoltre, quando molta materia è pronta, quando lo spazio è disponibile, né cosa né causa si oppone, senza dubbio le cose debbono svolgersi e prodursi. Ora se c'è una quantità di atomi tanto grande quanto in un'intera vita non si riuscirebbe a contare e se è presente la stessa forza (della) natura per combinare assieme gli atomi in (altri) luoghi, in maniera simile a come furono combinati qui, è necessario ammettere che in altre parti dello spazio esistano altre terre e diverse specie di uomini e di fiere» (Skuola.it 2018).

mie pecore conoscono me, così come il Padre conosce me e io conosco il Padre, e do la mia vita per le pecore. E ho altre pecore che non provengono da questo recinto: anche quelle io devo guidare» (La Sacra Bibbia 2008b).

Lo scrittore e retore assiro Luciano di Samosata (120-192 d.C.) scrisse un racconto (che oggi viene a volte considerato la prima opera di fantascienza) dal titolo *Vera Historia* dove si parla di un viaggio sulla Luna abitata da uomini e strani animali.

Giordano Bruno (1548-1600), sedici secoli dopo Lucrezio e avvantaggiato dalla diffusione delle teorie copernicane, riprese l'idea dell'esistenza di vita su altri mondi a partire dal rifiuto di considerare la Terra come centro dell'universo secondo la classica cultura tolemaico-aristotelica del tempo.

Nel 1686 lo scrittore francese Bernard de Fontanelle, forse ispirato dallo stesso Giordano Bruno e sicuramente da Cartesio e da Keplero, nei suoi *Discorsi sulla pluralità dei mondi* immaginò un universo privo di centro, nel quale le stelle sono in realtà degli astri simili al nostro Sole.

Le scoperte di Copernico, Galileo, Keplero e Newton sulla struttura dell'universo e sulle leggi che lo regolano posero le basi scientifiche per ipotizzare la vita al di fuori del nostro pianeta. Quelle che in passato erano state idee risultanti da voli di fantasia o frutto di immaginazione senza solide basi teoriche adesso cominciavano a trovare un substrato scientifico sul quale svilupparsi. In particolare la legge di gravitazione universale di Newton autorizzava a pensare che la configurazione del Sistema solare dovesse potersi estendere anche al di fuori dello stesso: altre stelle come il Sole avrebbero avuto pianeti simili a quelli orbitanti attorno al nostro astro (pensiero suggerito anche dall'osservazione galileiana

di Giove e dei suoi satelliti, un “Sistema solare” in miniatura), alcuni dei quali avrebbero potuto ospitare forme di vita simili alla nostra. Alla fine del XVIII secolo il filosofo Immanuel Kant (1724-1804) parlava di “universi-isola”, per definire le nebulose lontane nella sua opera *Storia generale della natura e teoria del cielo* e immaginava che altri mondi fossero abitati. Nel secolo successivo anche l'astronomo e filosofo inglese William Whewell (1794-1866) credeva che Marte fosse abitato e ci fu anche chi ipotizzò che la vita sulla Terra non fosse un prodotto autoctono del nostro pianeta ma fosse stata in qualche modo importata da altri mondi. Tra questi bisogna annoverare il geologo Otto Hahn (1828-1904, da non confondere con il fisico omonimo di mezzo secolo dopo) autore di molti articoli e saggi su supposti fossili presenti in alcune meteoriti; in seguito, esami più accurati dimostrarono che non si trattava di fossili ma di minerali metamorfici. Comunque l'idea di un'origine alloctona della vita sulla Terra venne ripresa pochi anni più tardi dal chimico svedese Swante Arrhenius (1859-1927) che viene considerato il padre della cosiddetta “panspermia” cioè della teoria secondo la quale la vita sulla Terra sarebbe il risultato dell'evoluzione di microrganismi provenienti da altri mondi e tale teoria è stata condivisa nella seconda metà del secolo scorso da scienziati del calibro di Fred Hoyle, Chandra Wickramasinghe, Carl Woese, Francis Crick e trova anche oggi numerosi sostenitori (Giorgetti 2022).

Alla fine del XIX e all'inizio del XX secolo molti astronomi pensavano abitati alcuni pianeti del Sistema solare. Tra questi un posto di rilievo spetta a Camille Flammarion (1842-1925) autore di molti testi, tra cui *La pluralità dei mondi abitati* (*La Pluralité des mondes habités* del 1862) e *Les Ter-*

*res du ciel del 1877*, tradotto in italiano agli inizi del secolo scorso (Flammarion 1913). Né si può dimenticare Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910), ingegnere e astronomo italiano, accademico dei Lincei e senatore del Regno d'Italia che in seguito a numerosissime osservazioni di Marte, soprattutto durante l'opposizione del pianeta del 1877, pubblicò una serie di disegni della sua superficie dove risultava evidente un reticolo di strutture lineari che definì "canali". Schiaparelli non disse mai che tali canali erano opera di esseri intelligenti ma la fantasia popolare e i media di allora presero lo spunto da questo per fare congetture più o meno fantasiose. Alla ridda di ipotesi su intelligenze marziane si unirono gli autorevoli pareri del già ricordato Flammarion e dell'astronomo americano Percival Lowell (1855-1916) acconosciuto sostenitore della natura artificiale dei canali, considerati ardite opere di ingegneria idraulica. Osservazioni telescopiche successive mostrarono però che si trattava solo di illusioni ottiche.

Oggi gli esobiologi e molti astronomi sono convinti che organismi alieni più o meno evoluti siano presenti nella nostra galassia, forse in numero maggiore rispetto a quanto si pensava appena poche decine di anni fa vista la continua scoperta di pianeti orbitanti intorno a numerose stelle e alcuni ritengono che forme di vita potrebbero essersi sviluppate anche su altri corpi del nostro Sistema solare, ma questo sarà argomento dei prossimi capitoli.



## Capitolo 2

# Il modello: la vita di tipo terrestre

Prima di prendere in considerazione gli ambienti extraterrestri, con particolare attenzione a quelli più idonei a supportare forme di vita, è necessario fare alcune considerazioni sulla vita di tipo terrestre e sulla incredibile varietà di forme e funzioni che la caratterizza nonché sull'organizzazione e la composizione degli esseri viventi sul nostro pianeta perché, come accennato in *Premessa*, la vita terrestre è l'unico modello oggi disponibile a cui fare riferimento.

### 2.1. Le origini della vita sulla Terra

La vita è comparsa sulla Terra in epoche molto antiche, poche centinaia di milioni di anni dopo la nascita del pianeta e di tutto il Sistema solare, avvenuta intorno ai 4,6 miliardi di anni fa a seguito del collasso di una preesistente nebulosa prevalentemente gassosa, probabilmente scatenato dalla pressione esercitata dall'esplosione di una vicina Supernova che avrebbe compresso la nube fino ad arrivare alla massa minima necessaria affinché le forze gravitazionali potessero far procedere la contrazione in maniera autonoma (Giorget-

ti 2022, pp. 31-34). Sembra infatti che i primi esseri viventi, presumibilmente procarioti chemioautotrofi o eterotrofi che si nutrivano di molecole organiche prodotte chimicamente, fossero già presenti verso la fine dell'eone Adeano (4600-3800 milioni di anni fa) cioè intorno ai 4 miliardi di anni fa (Giorgetti 2022, pp. 42-45). In questo lontanissimo periodo la crosta terrestre aveva cominciato a formarsi solo da poche centinaia di milioni di anni e le piogge, originatesi dalla saturazione e condensazione del vapore acqueo liberato in atmosfera dal degassamento del magma, dall'attività vulcanica e dall'evaporazione dei ghiacci portati dai planetesimi, ne accelerarono la formazione.

L'atmosfera primordiale, composta essenzialmente da idrogeno, elio, metano, ammoniac gassosa e vapore acqueo, cioè i componenti della nebulosa originaria, era già stata in gran parte spazzata via dal vento solare e sostituita da una miscela composta prevalentemente da vapore acqueo, anidride carbonica, azoto molecolare, metano e ammoniac provenienti dall'intensa attività vulcanica e dai planetesimi che continuavano a cadere sul nostro e sugli altri pianeti del Sistema; a questa miscela di gas (di composizione variabile a seconda dei periodi) si dà il nome di "atmosfera primitiva".

L'ossigeno divenne un componente quantitativamente importante dell'atmosfera solo con la comparsa della fotosintesi, avvenuta nel successivo Archeano (3800-2500 milioni di anni fa), quando emersero i primi organismi dotati di clorofilla, cioè fotoautotrofi, capaci di sintetizzare in modo autonomo le sostanze nutritive organiche a partire da anidride carbonica e acqua. La fotosintesi sembrerebbe essere stata già presente ben oltre due miliardi e mezzo di anni fa

e oggi molti ritengono che abbia fatto la sua comparsa tra i 3,5 e i 2,8 miliardi di anni di anni fa. Quasi tutti concordano sul fatto che i primi organismi fotosintetici sarebbero stati cianobatteri (chiamati anche alghe azzurre o cianoficee): si tratta di procarioti fotoautotrofi tuttora esistenti che possono vivere come cellule singole o formare colonie di miliardi di individui e hanno un citoplasma differenziato in due parti, una periferica contenente i pigmenti (clorofilla e ficocianina) che conferiscono loro il colore verde-azzurro e una interna incolore. Come abbiamo accennato di questi organismi rimangono tracce fossili nelle cosiddette stromatoliti, le più antiche delle quali sembra risalgano a 3700 milioni di anni fa, quindi con un limite di 200 milioni di anni più antico rispetto a quanto molti ritengono sarebbe comparsa la fotosintesi.

Durante tutto l'Archeano proseguì lo sviluppo e la diversificazione dei procarioti e si pensa che in questo stesso periodo o al più tardi agli inizi dell'Algonchiano (2500-570 milioni di anni fa) si siano originate le prime cellule eucariote, grazie alle quali si svilupparono i meccanismi della meiosi e la riproduzione sessuata. Negli stessi periodi (fine Archeano – inizio Algonchiano) sarebbe avvenuta la separazione tra vegetali e animali mentre la comparsa di organismi pluricellulari risalirebbe a poche centinaia di milioni di anni più tardi; verso la fine di questo eone e comunque ben prima del Cambriano (570-500 milioni di anni fa), erano presenti sulla Terra organismi anche molto complessi e si manifestarono tutti i principali *phyla* degli invertebrati (Giorgetti 2022, pp. 53-54).