

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI FILOSOFIA, SOCIOLOGIA, PEDAGOGIA E PSICOLOGIA APPLICATA

DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA "GALILEO GALILEI"

Corso di Laurea Triennale in Filosofia

*Abiogenesi:
discussione sull'origine ed evoluzione della vita*

Relatore:

Ch.mo Prof. Giulio Peruzzi

Laureando:

Marco Peruzzo

Matricola n. 1232864

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

*A mia mamma,
motivo della mia scelta universitaria.*

INDICE

1. Abstract	p.4
2. Introduzione	p.5
2.1. L'Origine del Paradosso di Fermi	p.5
2.2. Assunzioni del Paradosso	p.6
3. L'abiogenesi è comune?	p.7
3.1. Breve storia del concetto	p.7
3.2. Che cos'è la vita?	p.11
3.3. Teorie odierne	p.12
3.4. Probabilità e abiogenesi	p.16
3.5. In conclusione	p.17
4. Ci sono molteplici luoghi nel cosmo favorevoli all'abiogenesi?	p.18
4.1. Nell'Universo	p.18
4.2. Nella nostra galassia	p.20
4.3. Tirando le somme	p.21
5. La vita complessa è comune?	p.22
5.1. Che cos'è il Grande Filtro?	p.23
5.2. Dove si trova il Grande Filtro?	p.26
5.3. Il Tempo come Grande Filtro	p.27
5.4. Considerazioni finali	p.27
6. Le civiltà intelligenti sono da noi rilevabili?	p.28
6.1. Isolamento Spontaneo	p.29
6.2. Limite Tecnologico	p.30
6.3. Ipotesi dello Zoo/Laboratorio	p.31
6.4. Teoria della Foresta Oscura	p.32
6.5. Ricapitolando	p.34
7. Conclusione	p.35
8. Bibliografia	p.37

1. Abstract

L'*abiogenesi* è il presunto processo attraverso il quale la vita si è generata spontaneamente sulla Terra partendo da materiale non vivente. Il "*Paradosso di Fermi*" è il quesito in ambito astro-biologico che esprime la contraddizione tra l'apparente assenza di vita dell'Universo e la grande aspettativa che abbiamo di non essere i soli ad abitarlo. In questo scritto, il concetto di abiogenesi viene presentato e analizzato in relazione al Paradosso di Fermi. Infine vengono discusse varie possibili soluzioni del suddetto paradosso.

2. Introduzione

2.1 L'Origine del Paradosso di Fermi

Los Alamos National Laboratory, 1950.

Enrico Fermi, Emil Konopinski, Edward Teller e Herbert York camminano verso il Fuller Lodge per pranzare assieme. Konopinski racconta ai colleghi di una vignetta satirica (Fig. 1), presente nel nuovo articolo del New Yorker, che rappresenta un disco volante dal quale escono numerosi alieni trasportanti cestini della spazzatura. Il disegno era la soluzione ironica proposta dell'artista Alan Dunn in risposta a due avvenimenti distinti riportati negli ultimi notiziari: la sparizione di numerosi cassonetti a New York e alcuni avvistamenti UFO (*"Unidentified/Unknown Flying Object"* ovvero oggetto volante non identificato).

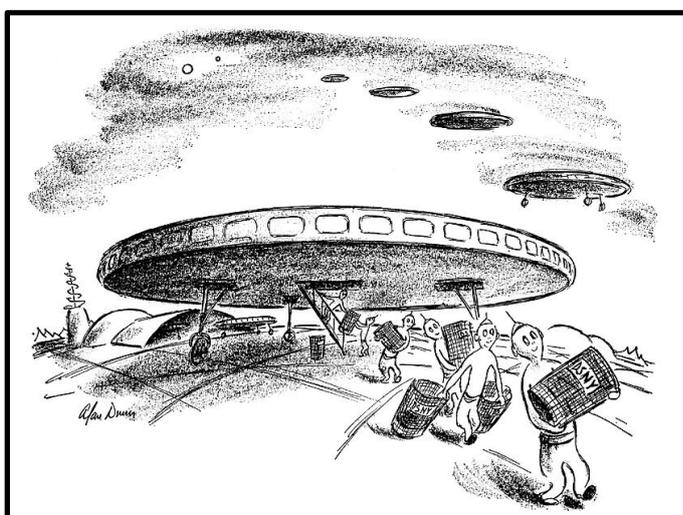


Figura 1 - Illustrazione di Alan Dunn apparsa sul New Yorker Magazine il 20 Maggio 1950 (da Jones, 1985).¹

I quattro scienziati cominciano a discutere scherzosamente sulla possibilità della bizzarra ipotesi, spostando il dibattito successivamente sulla possibilità dei veivoli spaziali di superare la velocità della luce.

La conversazione continua a tavola dove Enrico Fermi sorprende i colleghi con una domanda spiazzante:

"Where is everybody?" ovvero *"Dove sono tutti?"*.

Il quesito indica una discrepanza estremamente sconcertante: dato il vastissimo numero di stelle nella nostra galassia, anche una bassa probabilità di intelligenza extraterrestre (ETI) che sorga attorno a una data stella implicherebbe l'emergere di molte di queste civiltà all'interno della Via Lattea. Inoltre, anche ponendo modeste ipotesi sulla loro capacità di viaggiare, di modificare i loro dintorni o di comunicare,

¹ Figura 1 da Jones E. M. (1985) "Where is everybody? an account of Fermi's question." Technical Report LA-10311-MS, Los Alamos National Laboratory.

dovremmo comunque vedere prove della loro esistenza, eppure non ne abbiamo alcuna.

Questa contraddizione è divenuta nota come il **Paradosso di Fermi** e scatenerà un dibattito scientifico tuttora attivo riguardante il cosiddetto "*Great Silence*"², ovvero il Grande Silenzio del cosmo nei nostri confronti che sembra indicare la sua totale assenza di vita.

La curiosa vicenda è stata riportata nel 1985 da Eric M. Jones nel saggio "*Where is everybody? an account of Fermi's question*"³ nel quale l'autore è stato capace di ricostruire l'intera conversazione contattando i protagonisti ancora in vita e allegando allo scritto lo scambio epistolare condotto con loro.

Questo scritto riesce nell'impossibile incarico di portare fondamento a quella che era, e in parte rimane ancora, come saggiamente scrive Jones, una vera e propria "*leggenda della scienza*".

2.2 Assunzioni del Paradosso

Il Paradosso di Fermi è quindi, come abbiamo visto, il conflitto tra l'aspettativa di un'elevata probabilità ex ante di vita intelligente in altre parti del cosmo e l'Universo apparentemente senza vita che di fatto osserviamo.

Nelle seguenti pagine presenterò le basi teoriche su cui si regge fondamentalmente il paradosso, testandone la validità, esplorandone le implicazioni e, in ultima analisi, considerandone le possibili soluzioni.

Studiando la ricca ed estremamente variegata letteratura sul Paradosso di Fermi, emergono quattro principali assunzioni sulle quali questo è costruito:

- 1) L'abiogenesi (origine spontanea della vita da non vita) è comune
- 2) Ci sono molteplici luoghi nel cosmo favorevoli all'abiogenesi
- 3) La vita complessa è comune
- 4) Le civiltà intelligenti sono da noi rilevabili

E' cruciale studiare tali assunzioni in quanto queste, svolgendo il ruolo di colonne portanti del paradosso, se valide ci aiuteranno a comprenderne l'importanza e la complessità, se invalide ci condurranno a scoprirne le debolezze e di conseguenza le possibili soluzioni. Per l'analisi delle prime due ci avvarremo delle abbondanti ricerche svolte in campo tecnico scientifico, per la terza e la quarta invece, non avendo abbastanza copertura da parte della scienza, dovremo rivolgerci a studi più speculativi che sfoceranno nella piena filosofia.

² Brin G. D. (1983) "The 'Great Silence': The Controversy Concerning Extraterrestrial Intelligent Life.", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 24: 283-309

³ Jones E. M. (1985) "Where is everybody? an account of Fermi's question." Technical Report LA-10311-MS, Los Alamos National Laboratory.

3. L'abiogenesi è comune?

La prima fondamentale ipotesi assunta dal Paradosso di Fermi è che l'abiogenesi, ovvero la generazione spontanea della vita da non vita, sia, nella vastità dell'Universo, un processo comune o, più precisamente, *non estremamente raro*.

Spiegheremo questa necessità probabilistica più avanti, per ora è importante comprendere cosa sia l'abiogenesi, quale sia la sua storia e quali siano le attuali teorie più accreditate.

Prima di tutto, il termine proviene dal greco a-bios-genesis ossia "*origini non biologiche*" e denomina il presunto processo naturale attraverso il quale la vita è capace di nascere spontaneamente e autonomamente a partire da materia non vivente.⁴ La teoria si contrappone alla cosiddetta *biogenesi*, ovvero la credenza, generalmente affiancata al creazionismo, secondo cui la vita possa solo provenire da altra vita.⁵

A ogni modo, questa possibile capacità della vita di generarsi da non vita rimane tutt'oggi oggetto di forte discussione scientifica in quanto, nonostante siano presenti innumerevoli ipotesi atte a spiegarne i diversi complessi passaggi, non disponiamo ancora di un riscontro sperimentale definitivo che possa unire il consenso scientifico su una singola teoria.

3.1 Breve storia del concetto

1) In Filosofia

La domanda sull'origine della vita è antica come la storia della filosofia stessa. E' stato infatti Talete (624-545 a.C.), considerato da Aristotele il "Primo Filosofo", a porsi per primo questo quesito. Assieme agli altri naturalisti, si chiedeva quale fosse il principio primo di tutte le cose (ἀρχή, archè) e lui in particolare lo individuò nell'acqua.

Secondo gli scritti di Aristotele, Talete osservò che, essendo il nutrimento di tutte le cose umido, ed essendo l'acqua la base dell'umidità, essa dovesse essere la causa primaria di tutte le cose. I semi delle piante rimangono sterili senz'acqua ed ogni essere vivente necessita dell'acqua dalla sua concezione a ogni stadio della sua vita.

⁴ *Abiogenesi* in "Enciclopedia Italiana". (consultato il 15/09/22), Treccani, il portale del sapere, da [https://www.treccani.it/enciclopedia/abiogenesi_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/abiogenesi_(Enciclopedia-Italiana)/)

⁵ *Biogenesi* in "Vocabolario - Treccani" (consultato il 15/09/22), Treccani, il portale del sapere, da <https://www.treccani.it/vocabolario/biogenesi/>

L'archè di Talete non si limita però a essere origine delle sole cose viventi, ma lo è invece di tutto il reale. Per Talete tutte le cose sono acqua, tutti gli elementi, tutti gli enti vivi e morti, sono solo varie mutazioni della medesima sostanza.^{6 7}

Anche se sorprendentemente affine alle odierne scoperte scientifiche che ripropongono il ruolo assolutamente centrale dell'acqua nell'origine della vita, l'archè di Talete è ancora lontana dal concetto di abiogenesi.

Molto più vicina è invece la teoria della *“generazione spontanea”* descritta da Aristotele nel trattato *“Sulla storia degli animali”* scritto nel IV secolo a.C.:

“Così negli animali, alcuni derivano da animali genitori secondo la loro specie, mentre altri crescono spontaneamente e non da ceppi affini; e di questi casi di generazione spontanea alcuni provengono da terra in putrefazione o materia vegetale, come è il caso di un certo numero di insetti, mentre altri sono generati spontaneamente nell'interno degli animali dalle secrezioni dei loro vari organi.”⁸

(Aristotele, 350 a.C)

Come possiamo vedere, secondo Aristotele alcuni animali, in particolare determinati insetti, nascono spontaneamente da materia senza vita.

2) Biogenesi (vita da vita)

Seguendo la ricostruzione storiografica compiuta dal professore di filosofia *Rafael Pascual* in *“L'origine della vita: scienza, filosofia e fede”⁹*, la teoria della generazione spontanea aristotelica della vita è rimasta in vigore fino al XVII secolo d.C.

Infatti, nel mondo cristiano occidentale dell'epoca, affiancata alla fede nella creazione diretta delle diverse specie da parte di Dio, era molto diffusa l'idea che gli esseri viventi più semplici e al tempo considerati “vili”, come i vermi e gli insetti, potessero nascere spontaneamente dal fango o da carcasse in putrefazione.

Tale credenza però, nei due secoli successivi venne progressivamente abbandonata, in favore della teoria della biogenesi, grazie al lavoro di tre scienziati: Francesco Redi, Lazzaro Spallanzani e Louis Pasteur.

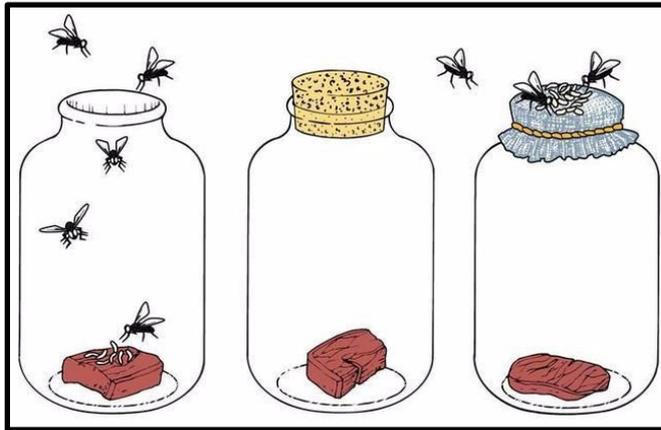
Il primo ad attaccare scientificamente l'idea della generazione spontanea della vita elementare fu il naturalista italiano Francesco Redi. Nel suo esperimento del 1668 (Fig. 2) egli mise tre pezzi di carne in tre recipienti diversi: uno aperto, uno coperto da un velo e uno chiuso ermeticamente.

⁶ Geymonat L., Boncinelli E., Cattaneo F., Cresto-Dina P, Tagliagambe S., Zucchello D., Manera E (2015) “Il pensiero filosofico, la realtà, la società”, Garzanti Scuola

⁷ Curi U. (2018) “Il coraggio di pensare”, Loescher Editore

⁸ Aristotele, (350 a.C.) (consultato il 15/09/22), tradotto da Thompson W. “Sulla storia degli animali”, Libro V, parte 1, da http://classics.mit.edu/Aristotle/history_anim.5.v.html

⁹ Pascual R. (2008) “L'origine della vita: scienza, filosofia e fede”, Libreria Editrice Vaticana



All'interno del primo recipiente e sopra al velo del secondo nacquero delle larve di mosca, mentre il terzo rimase privo di forme di vita.

Figura 2 - Illustrazione schematica dell'esperimento a tre barattoli di Francesco Redi. ¹⁰

Se la teoria aristotelica fosse stata vera, gli organismi sarebbero dovuti nascere in tutti e tre i recipienti, invece l'interno del secondo e terzo rimasero vuoti. Redi dimostrò quindi che le larve nascevano solo dove le mosche avevano potuto depositare le uova.

Lazzaro Spallanzani (1729-1799), anch'egli naturalista italiano, ideò un esperimento per ulteriormente indebolire la credibilità della teoria. Fece bollire due contenitori pieni di brodo organico e successivamente ne sigillò uno, lasciando aperto l'altro. La supposta "generazione spontanea" avvenne anche qui solo nel contenitore scoperto, dimostrando che era in realtà dovuta a contaminazione esterna da parte di altri esseri viventi.

Fu infine il chimico e biologo francese Louis Pasteur, attraverso i suoi esperimenti del 1864, a confutare definitivamente la teoria della generazione spontanea e a postulare la legge della biogenesi: "*omne vivum ex vivo*", ovvero ogni essere vivente [proviene] da un altro essere vivente.

3) Abiogenesi (vita da non vita)

Ma quindi come si spiega l'origine della vita?

Se la vita è generata solo da altra vita, da dove è venuto il primo essere vivente?

Ecco che entra in gioco finalmente il concetto su cui vogliamo appuntare il nostro interesse: *l'abiogenesi*.

Nel 1924, nel libro "*L'origine della vita*", il biochimico russo Alexander Oparin propone una delle più famose e discusse teorie sull'origine della vita: l'ipotesi del "*brodo primordiale*".

L'idea di Oparin si basa sulla presenza di idrogeno, metano, ammoniaca e vapore d'acqua nell'atmosfera primordiale della Terra. Partendo da questi gas e tramite

¹⁰ Figura 2 da Giannone R (2020) (consultato il 15/09/22) "Francesco Redi: scienziato e scrittore alla corte dei Medici", Microbiologia Italia da <https://www.microbiologiaitalia.it/guru-della-microbiologia/francesco-redi-scienziato-e-scrittore-alla-corte-dei-medici/>

l'influenza dei raggi ultravioletti del Sole e delle scariche elettriche dei fulmini atmosferici, si sarebbero generate le prime molecole organiche che, tramite un successivo processo di evoluzione chimica, si sarebbero ricomposte fino alla spontanea nascita della vita.¹¹

La teoria di Oparin porta per la prima volta l'abiogenesi all'interno della discussione scientifica come effettiva valida alternativa al creazionismo divino, che era stato fino a quel punto inevitabilmente necessario per completare la teoria della biogenesi.

Lo stesso Darwin, padre di una delle teorie scientifiche che più si è opposta alle visioni religiose sulla natura della vita, era stato scettico riguardo le teorie sull'origine della vita considerandole lavoro di vuota speculazione. Nel 1863, in una lettera indirizzata a un amico, afferma che contemplare scientificamente l'origine della vita sia "*semplice pensiero spazzatura*" e che sia inutile quanto pensare all'origine della materia.¹²

Il lavoro di Oparin riscuote grande successo e negli anni 50 del Novecento due chimici dell'Università di Chicago portano evidenze sperimentali a sostegno della sua teoria sull'abiogenesi.

Nel 1953 Stanley Miller e Harold Urey, con i loro famosi esperimenti, misero le molecole semplici elencate da Oparin (acqua, ammoniaca, metano e idrogeno) in una fiaschetta e le fecero reagire con calore ed elettricità. La configurazione aveva ovviamente lo scopo di simulare le condizioni della Terra primordiale, quando il nostro pianeta era caldo, inondato di gas e tempestato di fulmini. Il crogiolo fu capace di indurre reazioni che formarono molecole abbastanza complesse, tra cui un certo numero di aminoacidi, l'unità strutturale primaria delle proteine.¹³

Attenzione però, l'esperimento ha creato composti organici *non vita*.

Si è quindi dimostrata sperimentalmente possibile la prima fase dell'abiogenesi, quella che va da materia inorganica a organica. Ora manca il secondo e potenzialmente più complesso passaggio: da molecole organiche (inerme) a effettivi esseri viventi capaci di replicarsi e di mantenere informazione genetica.

¹¹ Pascual R. (2008) "L'origine della vita: scienza, filosofia e fede", Libreria Editrice Vaticana

¹² Mann A. (2021) "Making headway with the mysteries of life's origins", PNAS, 118: e2105383118

¹³ Miller S. L. (1953) "A production of amino acids under possible primitive earth conditions" Science 117, 528–529

3.2 Che cos'è la vita?

Incontriamo qui un problema fondamentale e allo stesso tempo critico per la scienza: *definire la vita*.

Esattamente, cosa stiamo cercando? In cosa si devono trasformare questi composti organici perché possiamo definire provata la teoria dell'abiogenesi?

Per rispondere a queste complesse domande mi riferirò al manuale "I principi di biochimica di Lehninger"¹⁴ e a una recente intervista condotta dall'Università di Padova con Ernesto Di Mauro, biologo molecolare della Sapienza di Roma.¹⁵

Il Professor Di Mauro sostiene che "*la vita può essere descritta ma non definita*", spiegando che, essendo la vita, come tutti i processi naturali, una serie di reazioni chimiche, delineare quali di queste siano da attribuire a esseri viventi e quali no è un compito "*praticamente impossibile*".

A ogni modo il professore propone la definizione attualmente più diffusa ed accettata, ovvero quella sviluppata dalla NASA negli anni 90: "*life is a self-sustaining chemical system undergoing darwinian evolution*", ovvero "la vita è un sistema chimico autosufficiente in evoluzione darwiniana".

In altre parole noi diciamo che è vivente un sistema che ha delle caratteristiche reazioni chimiche che si riproducono uguali a sé stesse, ma che possiede anche capacità di modificazione e quindi di evoluzione.

Di Mauro continua spiegando che la vita è composta principalmente da due parti:

- a) informazione, codificata in DNA o RNA (acidi nucleici);
- b) struttura, costruita dalle proteine.

Le due parti si trovano in un ciclo continuo di dipendenza in cui l'una genera l'altra e viceversa. Il DNA, composto da una serie di nucleotidi contenenti diverse basi azotate, codifica le proteine, composte da aminoacidi, che servono alla sua stessa replicazione.

Ma quindi, quale si è originata prima? Informazione o struttura?

Per il professore questo è il dilemma classico dell'uovo e della gallina che si risolve capendo che le due sono parte inscindibile della stessa cosa e che quindi sono inevitabilmente nate assieme.

¹⁴ Nelson D. L., Cox M. M. (2014) "I principi di biochimica di Lehninger" Sesta edizione, Zanichelli

¹⁵ Università di Padova (2021) (consultato il 15/09/22) "Le domande irrisolte dell'evoluzione. Qual è l'origine della vita?", da <https://youtu.be/tMuqD9udRaw>

Al minuto 7:55 dell'intervista scopriamo inoltre che secondo il biologo:

“Miller ha soltanto visto amminoacidi, ma in realtà nell'esperimento c'è tutta la parte iniziale della chimica sia degli acidi nucleici che delle proteine. Ristudiando quell'esperimento si vede che a partire da sostanze semplicissime [...] si possono formare amminoacidi e basi nucleiche.”

(Università di Padova, 2021)

Quindi, ricapitolando, l'esperimento Miller-Urey ha dimostrato il primo passaggio della teoria dell'abiogenesi, generando da materia inorganica dei composti organici quali amminoacidi e basi azotate.

Questi composti organici devono essere concepiti come i “mattoncini” della vita:

- a) gli amminoacidi costituiscono le proteine che creano la struttura;
- b) le basi azotate, tramite i nucleotidi, costituiscono gli acidi nucleici che trasportano l'informazione.

Ma struttura e informazione sono due facce della stessa medaglia vivente che devono originarsi necessariamente assieme.

3.3 Teorie Odierne

Ora si passa quindi alla parte più difficile, spiegare come questi composti organici si siano spontaneamente organizzati per dare luogo a informazione e struttura, e quindi alla vita.

Per capire la complessità di questo problema, propongo la famosa metafora usata dal cosmologo F. Hoyle in “The Intelligent Universe”¹⁶:

“Una discarica contiene tutti i pezzi di un Boeing-747, smontato e in disordine. Un tornado capita che passi attraverso il cortile. Qual è la probabilità che dopo il suo passaggio un 747 completamente assemblato, pronto a volare, si trovi lì parcheggiato?”

(Hoyle 1983, pag. 19)

Il Boeing-747 è l'ipotetico primo essere vivente nato sul nostro pianeta, i suoi pezzi sono i composti organici (amminoacidi e basi azotate) e il tornado è il supposto processo di generazione spontanea che dovrebbe creare la vita.

A ogni modo, varie e numerose sono le teorie ideate negli ultimi anni al fine di spiegare l'origine della vita e, tra tutte, due in particolare si distinguono per importanza e rilevanza.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1) Mondo-RNA2) Sorgenti Idrotermali in acque profonde |
|--|

¹⁶ Hoyle F. (1983) “The Intelligent Universe”, Michael Joseph Limited, London

1) Mondo-RNA

Un articolo del PNAS (Atti dell'Accademia Nazionale delle Scienze degli USA) del 2021 "*Making headway with the mysteries of life's origins*"¹⁷, pur riconoscendo la difficoltà di questa impresa, propone alcune recenti ricerche che potrebbero fare luce sull'origine della vita.

L'articolo si concentra principalmente sul gruppo di 26 ricercatori dell'iniziativa SCOL, ovvero Simons Collaboration on the Origins of Life.

Uno di questi è Dimitar D. Sasselov, un astronomo di Harvard che ha concentrato i suoi studi sull'ipotesi che i raggi ultravioletti del Sole siano capaci di creare le condizioni favorevoli alla nascita spontanea della vita. Più precisamente il ricercatore ha osservato l'effetto della luce UV sulle basi azotate che, come abbiamo visto, contribuiscono a costruire i mattoncini del DNA e dell'RNA. Come ogni altra molecola, anche le basi azotate si possono presentare in natura in diverse disposizioni atomiche dette isomeri e alcune di queste sono inutili alla formazione della vita.

Basandosi su lavori precedenti, Sasselov ha dimostrato che l'esposizione dei vari isomeri alla luce ultravioletta distrugge preferenzialmente quelli non utili, lasciando dietro di sé quelli rilevanti per la formazione degli acidi nucleici fondamentali alla vita (DNA e RNA).

"I risultati implicano che l'origine della vita potrebbe essere avvenuta in acque poco profonde esposte alla luce solare, piuttosto che vicino a sorgenti idrotermali di acque profonde, come alcuni ricercatori avevano precedentemente ipotizzato."

(Mann 2021, pag. 2)

L'articolo prosegue spiegando come probabilmente in questi ipotetici laghi ad acqua bassa colpiti da raggi UV, simili alla teoria di Oparin del brodo primordiale, sono comparsi in origine filamenti di RNA capaci di autoriprodursi.

Questo scenario, generalmente conosciuto come l'*ipotesi del mondo a RNA*, propone l'idea che questi filamenti di RNA potenzialmente autoreplicanti siano stati incapsulati da lipidi che, creando una struttura simile a quella che troviamo nelle membrane cellulari, abbiano così permesso loro di creare copie di sé stessi.

L'RNA dopo la riproduzione avrebbe poi riempito lo spazio entro la membrana allargandola fino al punto di sdoppiarsi in due, dando origine al processo che ora conosciamo come mitosi.

"Tali passi sono plausibili dato ciò che i ricercatori sanno sull'RNA e su altre sostanze organiche. Eppure, anche qui, rimangono molte lacune prima che i ricercatori possano visualizzare la strada per creare la vita."

(Mann 2021, pag. 3)

¹⁷ Mann A. (2021) "Making headway with the mysteries of life's origins", PNAS, 118: e2105383118

2) Teoria delle Sorgenti idrotermali in acque profonde (TSI)

Teoria diametralmente opposta a quella del *Mondo-RNA* è quella delle “*Sorgenti idrotermali in acque profonde*” ideata dal biologo evoluzionista William F. Martin, professore dell’Università di Dusseldorf.

La teoria in questione è fundamentalmente differente da quella del *Mondo-RNA* in quanto, pur condividendo la fondamentale necessità dell’acqua, posiziona il luogo dove la vita si è originata non in acque basse, ma in sorgenti idrotermali presenti negli abissi profondi dei primitivi mari terrestri.¹⁸

Ho avuto il privilegio di poter parlare direttamente col professor Martin conducendo un’intervista privata con lui lunedì 19 Settembre 2022, durante la quale ho avuto l’opportunità di farmi spiegare la teoria abiogenetica delle Sorgenti Idrotermali (che d’ora in poi chiamerò “*TSI*”) direttamente dal suo ideatore.

Alla domanda “*Cosa rende la sua ipotesi più plausibile delle concorrenti?*”, il biologo ha risposto “*il fatto che sia l’unica capace di conciliare la chimica terrestre con la chimica della vita, nessun’altra teoria riesce a farlo allo stesso livello di precisione*”.

(Intervista privata, 19/09/22)¹⁹

Il posizionamento dell’origine della vita presso le sorgenti termali marine è stata infatti postulata tramite lo studio combinato delle condizioni planetarie della Terra al tempo della presunta origine della vita (circa 3.5 miliardi di anni fa) e delle caratteristiche del possibile primo essere vivente che ha dato origine poi a tutti gli altri.

Tale organismo è conosciuto come “Last Universal Common Ancestor” (LUCA), ovvero l’ultimo antenato comune universale di tutti gli esseri viventi terrestri passati e odierni. LUCA è la presunta radice originaria dell’albero genealogico della vita sul nostro pianeta, rappresentando quindi il progenitore comune di animali, piante, funghi, batteri e archea.²⁰

A ogni modo, la cruciale differenza tra la teoria del professor Martin e le rivali è il *metodo* attraverso cui questa è stata ideata. Una teoria come il *mondo-RNA* descrive il processo attraverso il quale ipoteticamente è possibile creare vita in generale, la *TSI* invece propone una ipotesi su come si sia originata specificatamente la vita nel nostro caso, ovvero su come sia nato LUCA.

Questa è una differenza fondamentale, poiché pone le teorie avversarie su una categoria essenzialmente diversa dalla *TSI*: mentre le altre trattano le possibili opzioni attraverso cui la vita in generale può nascere, la *TSI* si focalizza sullo studio di come la vita sia effettivamente riuscita a generarsi sul nostro pianeta. Come nasce la vita da una parte, come siamo nati noi dall’altra.

¹⁸ Martin W. , Baross J., Kelley D., Russell M.J. (2008) “Hydrothermal vents and the origin of life”, *Nat Rev Microbiol*, 6: 805–814

¹⁹ Intervista privata con Martin W.F. (19/09/22)

²⁰ Weiss M.C., Preiner M., Xavier J.C., Zimorski V., Martin W.F. (2018) “The last universal common ancestor between ancient Earth chemistry and the onset of genetics”, *PLoS Genet* 14: e1007518

Tornando alla teoria, per trovare la soluzione alla domanda “come è nata la vita sulla Terra”, è quindi necessario chiedersi quali fossero le esatte condizioni terrestri 3.5 miliardi di anni fa e quale fosse l'esatta natura del potenziale primo essere vivente. Solo le risposte alle due domande compatibili tra loro possono essere considerate come valide soluzioni del quesito abiogenico.

Come spiegato dal professor Martin, il *metodo* quindi usato per la formulazione della TSI è consistito nella combinazione di vari studi “top-down” (dall’alto verso il basso), che partono dalle cellule moderne, assieme ad altrettanti studi “bottom-up” (dal basso verso l’alto), che si concentrano sui processi geochimici della Terra primordiale.

Il primo studio (top-down) ha permesso di ripercorrere gli alberi genealogici genetici degli esseri viventi terrestri, rintracciando i geni più comuni e antichi, postulando infine come questi probabilmente appartenessero in origine a LUCA. Il risultato di questo primo lavoro è quindi stata una accurata descrizione della natura dell’organismo vivente che ha generato il resto della vita terrestre.²¹

Il secondo studio (bottom-up), partendo dai dati sulle condizioni iniziali del nostro pianeta, ha ricavato una serie di possibili luoghi in esso che fossero compatibili alla formazione di organismi aventi le caratteristiche di LUCA.²²

Il punto d'incontro dei due studi è stato in conclusione quello tra LUCA, nelle vesti di un archeo anaerobico autotrofo e termofilo dipendente da idrogeno, e le Sorgenti Idrotermali in acque profonde, in particolare situate nella cosiddetta “Città Perduta”, una zona dell’Oceano Atlantico ricca di sorgenti idrotermali speciali chiamate “fumarole bianche” capaci di produrre abioticamente idrogeno.

I due elementi non sono semplicemente compatibili, sono letteralmente l’uno perfetto per l’altro: la descrizione della natura di LUCA ci suggerisce infatti che il suo luogo di origine dovesse essere necessariamente ricco di energia, caldo, privo di ossigeno e capace di produrre idrogeno; tutte caratteristiche delle fumarole bianche.

La vita, o meglio, LUCA, secondo la TSI è quindi nato presso le fumarole bianche idrotermali della Città Perduta tramite un processo chimico spontaneo.

Tralasciando i tecnicismi biochimici, complessi e superflui per la nostra analisi, è importante comprendere che, all’interno di questa teoria, il processo abiogenetico, grazie alle speciali condizioni dell’ambiente idrotermale, risulta essere una reazione chimica *spontanea* che non ha quindi bisogno del fortuito fulmine come nel caso del brodo primordiale.

²¹ Weiss M. C., Sousa F.L., Mrnjavac N., Neukirchen S., Roettger M., Nelson-Sathi S., Martin W. F. (2016) “The physiology and habitat of the last universal common ancestor”, *Nat Microbiol*, 1:16116

²² Martin W. , Baross J., Kelley D., Russell M.J. (2008) “Hydrothermal vents and the origin of life”, *Nat Rev Microbiol*, 6: 805–814

3.4. Probabilità e abiogenesi

Come abbiamo visto all'inizio del capitolo, non esiste una teoria universalmente riconosciuta per la spiegazione dell'origine della vita. Le due ipotesi sopra citate sono attualmente le più discusse e sostenute, ma non disponiamo ancora di una prova sperimentale che possa portare il consenso sull'una o sull'altra.

Questa realtà dei fatti rende estremamente arduo avanzare qualsiasi tipo di proposta riguardante la probabilità del processo abiogenetico.

Riprendendo la linea argomentativa generale dello scritto, la prima fondamentale ipotesi assunta dal Paradosso di Fermi era che l'abiogenesi fosse un processo comune o, più precisamente, *non estremamente raro*.

Questa necessità probabilistica del Paradosso è dovuta al fatto che, se l'abiogenesi fosse un evento che di per sé capita solo una volta ogni miliardo di tentativi, anche avendo a disposizione milioni di pianeti potenzialmente abitabili dalla vita con le migliori condizioni possibili, questa potrebbe non fiorire in nessuno di questi.

Se una prospettiva del genere fosse vera, il nostro cosmo sarebbe inevitabilmente silenzioso e privo di forme di vita, popolato solo dalla Terra che sarebbe da considerarsi come quel singolo incredibilmente fortuito caso in cui la vita è miracolosamente comparsa con successo. Questa eventualità spiegherebbe quindi il Grande Silenzio e, di conseguenza, risolverebbe il Paradosso di Fermi.

Quindi qual è la probabilità del processo di abiogenesi?

Calcolare l'esatta probabilità di un processo che ancora non siamo in grado di provocare artificialmente e che di conseguenza non possiamo osservare al di fuori dell'unico presunto singolo caso accaduto miliardi di anni fa, è purtroppo attualmente semplicemente impossibile.

La letteratura scientifica si concentra principalmente sul calcolo delle probabilità delle condizioni a contorno al processo come il numero di pianeti ospitali alla vita nell'Universo, la diffusione degli elementi chimici utili, le tempistiche necessarie ai vari passaggi chimici, ecc... Tutti parametri che osserveremo nei prossimi capitoli, ma che non sono rilevanti alla nostra domanda attuale che si riferisce alla probabilità del processo di abiogenesi in sé.

Ho discusso però di questo intricato quesito con William Martin che mi ha accompagnato in un ragionamento estremamente interessante.

Per il professore il processo che porta all'origine della vita, per quanto complesso e particolare, rimane comunque una semplice reazione chimica. In quanto tale, come discusso nella TSI, se sono presenti gli esatti giusti elementi e le esatte giuste

condizioni, la vita dovrebbe generarsi spontaneamente. E questo vale non solo per la Terra, ma anche per altri pianeti dalle condizioni favorevoli, ipotizzando ovviamente che le leggi della chimica rimangano le stesse in ogni luogo dell'Universo.

Secondo il professore, l'idea che l'abiogenesi sia rara non è altro che frutto della nostra innata tendenza a vedere gli eventi complessi come inevitabilmente speciali, unici o, come abbiamo visto nell'excursus storico, magici.

Ma l'abiogenesi non è speciale, è solo una sequenza di specifiche reazioni chimiche. La scienza, come abbiamo visto, tramite gli esperimenti Miller-Urey ha ad esempio già cominciato a risolverne la complessità, spiegandone la prima fase attraverso cui elementi inorganici divengono composti organici.

La ricerca non è che agli inizi ed è già stata capace di fornire la dimostrazione sperimentale della possibilità della creazione spontanea dei "mattoncini" fondamentali della vita.

Per William Martin, è solo questione di tempo prima che nuove fasi vengano dimostrate, forse proprio da lui e dal suo team.

3.5. In conclusione

Non abbiamo motivo di considerare il processo di abiogenesi come estremamente raro, ma, allo stesso tempo, non siamo sfortunatamente ancora in grado nemmeno di dimostrarne la non rarità.

In assenza di prove certe ci troviamo quindi costretti a considerare possibilmente debole la prima assunzione del Paradosso di Fermi. Di conseguenza l'ipotesi della *abiogenesi estremamente rara* risulta quindi essere la *prima potenziale soluzione* al Grande Silenzio .

A ogni modo, per poter continuare l'analisi delle altre assunzioni al fine di svelare alternative soluzioni al Paradosso, assumeremo d'ora in poi l'opzione secondo cui l'abiogenesi è di per sé un processo non improbabile.

Quindi, ipotizzando che la vita possa comunemente generarsi in modo spontaneo a partire da materiale inorganico, il quesito si ripresenta e ci domanda ancora:

"Dove sono tutti?"

4. Ci sono molteplici luoghi nel cosmo favorevoli all'abiogenesi?

4.1 Nell'Universo

A dispetto di quale tra le diverse teorie sull'abiogenesi sia da considerarsi corretta, ciò che viene universalmente riconosciuto dalla comunità scientifica come necessario per l'origine della vita è un ambiente favorevole avente acqua liquida e determinati elementi chimici.

Gli elementi in questione, secondo l'articolo di PNAS²³ discusso anche nel precedente capitolo, sono estremamente comuni nell'Universo:

"I ricercatori hanno scoperto che i precursori chimici della vita sono comuni in tutto il cosmo e possono sorgere anche in ambienti non terrestri. I radiotelescopi hanno individuato l'amminoacido più semplice, la glicina, nelle nubi di polvere interstellare e molti meteoriti che cadono sulla Terra sono pieni di biomolecole."

(Mann 2021, pag. 2)

Ciò significa che la vera condizione determinante perché un pianeta possa o non possa ospitare il processo di abiogenesi è la presenza di acqua allo stato liquido sulla sua superficie che, come ricorderemo, è un elemento necessario sia per la Teoria del Mondo-RNA, sia per la TSI.

Perché l'acqua sia liquida servono precisi valori di temperatura e pressione che sono determinati dalle dimensioni di un pianeta, dalla vicinanza alla sua stella e dalle caratteristiche di tale stella.

Quello che stiamo quindi cercando è un "*Earth-like planet*", ovvero un pianeta simile alla Terra in dimensione che orbiti nella cosiddetta "*zona abitabile*" (Fig. 3 ²⁴), ovvero regione dello spazio circumstellare dove è teoricamente possibile per un pianeta mantenere acqua liquida sulla sua superficie, di una "*Sun-Like star*", ovvero una stella simile al nostro Sole per dimensione, temperatura e luminosità.

In altre parole, per trovare vita come la conosciamo, dobbiamo cercare un sistema pianeta-stella simile al nostro, quindi pianeta simile alla Terra, stella simile al Sole e la distanza tra i due simile alla distanza Terra-Sole.



²³ Adam Mann (2021), cit.

²⁴ Figura 3 da INAF (consultato il 15/09/22), da <https://www.media.inaf.it/wp-content/uploads/2017/08/goldilocks.jpg>

Iniziamo a guardare qualche numero.

La nostra galassia è popolata da un numero di stelle stimato tra i 100 e 400 miliardi²⁵ e altrettanto numerose sembrano essere le galassie nell'Universo osservabile²⁶; ciò significa che, per ogni stella nella colossale Via Lattea, c'è un'intera galassia là fuori.

Il numero totale delle stelle nel cosmo rientra nell'intervallo tra 10^{22} e 10^{24} , una quantità così inimmaginabile che, per concepirla, viene comunemente usata una metafora: per ogni granello di sabbia presente sulla Terra ci sono 10.000 stelle nel Universo.²⁷

Il mondo della scienza non è del tutto d'accordo su quale percentuale di quelle stelle siano "Sun-like": le opinioni in genere vanno dal 5% al 20%. Prendendo la stima più conservativa (5%) e il dato inferiore per il numero di stelle totali (10^{22}), abbiamo quindi 500 quintilioni, ovvero 500 miliardi di miliardi di stelle simili al Sole nel cosmo.

Ora dobbiamo capire quante di queste stelle "Sun-like" siano abitate da un pianeta "Earth-like". E anche qui troviamo un dibattito aperto nella comunità scientifica. Uno studio del 2013 di PNAS riporta che *"il 22% delle stelle simili al Sole ospita un pianeta simile alla Terra nella loro zona abitabile"*.²⁸

Ciò significa che esiste un pianeta simile alla Terra capace di sostenere la vita in orbita attorno ad almeno l'1% del totale delle stelle nell'Universo, per un totale di 100 miliardi di miliardi di pianeti simili alla Terra.

Riprendendo la nostra precedente metafora, scopriamo che per ogni granello di sabbia del mondo ci sono 100 pianeti simili alla Terra nell'Universo.

Ricapitolando:

Numero totale di stelle	[10^{22} - 10^{24}]
Stelle simili al Sole	500 miliardi di miliardi
Pianeti simili alla Terra	100 miliardi di miliardi.

²⁵ Fiasconaro G. (2022) (consultato il 15/09/22) "Stelle della Via Lattea? È questione di chimica", MEDIA INAF, da <https://www.media.inaf.it/2022/03/01/chimica-via-lattea/>

²⁶ INAF (consultato il 15/09/22) "Lo studio delle galassie", da <http://www.inaf.it/it/campi-di-attivita/galassie-e-cosmologia/lo-studio-delle-galassie>

²⁷ Craig A. (2003) (consultato il 15/09/22) "Astronomers count the stars", BBC NEWS, da <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3085885.stm>

²⁸ Petigura E. A., Howard A. W. e Marcy G. W. (2013) "Prevalence of Earth-size planets orbiting Sun-like stars", PNAS, 110: 19273-19278

4.2 Nella nostra galassia

I numeri appena visti però si riferiscono all'intero Universo osservabile. Cosa succede se proviamo a limitare il campo di ricerca alla Via lattea? Quanti pianeti abitabili troviamo allora?

Un recente articolo del MIT (Istituto di Tecnologia del Massachusetts) riporta che nella nostra galassia si stimano esserci circa 4.1 miliardi di stelle simili al Sole (quindi il 4% delle totali) e che, grazie a un nuovo studio diretto da Steve Bryson tramite il telescopio spaziale Kepler della NASA, si calcola che ci sia un *minimo* di 300 milioni di pianeti "Earth-like" teoricamente capaci di sostenere la vita.²⁹

"In media, Bryson e il suo team prevedono che dal 37% al 60% delle stelle simili al Sole nella Via Lattea dovrebbero ospitare almeno un pianeta potenzialmente abitabile. Ottimisticamente, la cifra potrebbe raggiungere l'88%. I calcoli più conservativi riducono questa cifra al 7% delle stelle simili al Sole nella galassia (quindi 300 milioni) e, sulla base di quel numero, il team prevede che ci siano quattro stelle simili al Sole con pianeti abitabili entro 30 anni luce dalla Terra."

(Patel 2020)

Inoltre, non è solo la quantità di pianeti a essere alta, ma anche l'intervallo temporale in cui tali pianeti hanno avuto la possibilità di popolarsi di vita. La Terra con i suoi 4.5 miliardi di anni³⁰ è relativamente giovane se confrontata con il resto dell'Universo (13,7 miliardi di anni).

L'INAF (Istituto Nazionale per l'Astrofisica) riporta un recente studio che stima l'età media delle stelle contenute nella nostra galassia a 10 miliardi di anni³¹ e la NASA data il pianeta più vecchio della Via Lattea a 13 miliardi di anni³².

Noi come specie umana, siamo quindi gli ultimi arrivati non solo sulla Terra, che abitiamo da soli 300'000 anni sui 4.5 miliardi totali³³, ma anche nella nostra galassia abitando un pianeta la cui intera esistenza copre nemmeno metà della vita di altri pianeti.

²⁹ Patel N. V. (2020) (consultato il 15/09/22) "Half the Milky Way's sun-like stars could be home to Earth-like planets" MIT Technology Review, da <https://www.technologyreview.com/2020/11/06/1011784/half-milky-way-sun-like-stars-home-earth-like-planets-kepler-gaia-habitable-life/>

³⁰ Braterman P. S. (2013) (consultato il 15/09/22) "How Science Figured Out the Age of Earth", Scientific American, da <https://www.scientificamerican.com/article/how-science-figured-out-the-age-of-the-earth/>

³¹ Fiasconaro G. (2019) (consultato il 15/09/22) "L'età della Via Lattea svelata dall'asterosismologia", MEDIA INAF, da <https://www.media.inaf.it/2019/12/09/disco-spesso-asterosismologia-kepler/>

³² Dunbar B. (2017) (consultato il 15/09/22) "Oldest Known Planet Identified", NASA, da https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_76.html

³³ Hublin, JJ., Ben-Ncer A., Bailey, S. (2017) "New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens", Nature 546: 289–292

4.3 Tirando le somme:

Anche assumendo le più modeste percentuali e usando i dati più conservativi, il numero di luoghi favorevoli alla vita nell'universo e nella nostra stessa galassia rimane considerevole (rispettivamente 100 miliardi di miliardi e 300 milioni).

Inoltre, le opportunità per la vita di nascere su altri pianeti si moltiplicano grazie al vastissimo intervallo temporale disponibile, più che doppio rispetto a quello avuto dalla Terra.

Ci ritroviamo dunque costretti a fare i conti con un Cosmo significativamente ospitale alla vita per condizioni, spazi e tempi, ma che sembra comunque completamente mancare di questa.

La seconda assunzione si dimostra quindi indubbiamente solida, aumentando l'importanza e la complessità del Paradosso che ora ci chiede nuovamente con più convinzione:

“Dove sono tutti?”

5. La vita complessa è comune?

La terza assunzione prevede che la vita nell'Universo sia capace generalmente di raggiungere livelli di complessità simili o superiori al nostro.

Se la vita si fermasse allo stato microbico, questo spiegherebbe la nostra incapacità di individuarla a distanza, giustificando il Grande Silenzio. Potrebbero esserci batteri vicinissimi a noi, addirittura su Marte, e l'unico modo per scoprirli sarebbe andare lì fisicamente. Forse quindi a essere rara non è necessariamente la vita in sé, ma la vita complessa.

Questa è infatti un'altra possibile soluzione al Paradosso di Fermi.

Sappiamo che la vita esiste, sappiamo che può generarsi spontaneamente, sappiamo che l'universo è ricco di luoghi dove essa può nascere, sappiamo che molti di questi luoghi potevano ospitare la vita milioni se non miliardi di anni in anticipo rispetto al nostro pianeta.

Nonostante la nostra giovane età, la specie umana in poco tempo ha già colonizzato interamente il proprio pianeta, iniziando anche a esplorare il cosmo. Dovrebbe quindi essere ragionevole supporre che ci siano altre civiltà avanzate extraterrestri, possibilmente milioni di anni più antiche di noi e probabilmente migliaia di anni più tecnologicamente sviluppate di noi, che sono state capaci di espandersi per tutta la galassia, colonizzando pianeti, visitando stelle remote e inevitabilmente lasciando il segno del proprio passaggio. Ho approfondito questo filo argomentativo nella sezione 6.1 "Isolamento Spontaneo".

A ogni modo, il fatto che SETI³⁴ (Istituto di ricerca di Intelligenza Extraterrestre) in quasi 50 anni di servizio non abbia rilevato alcuna attività artificiale al di fuori di noi, captato nessun tipo di segnale o osservato alcuna megastruttura indice di una popolazione avanzata (es. sfera di Dyson³⁵), può significare la possibile presenza di qualcosa che impedisce alla vita di evolvere fino a forme complesse di civiltà intelligenti capaci di viaggiare nello spazio.

Questa è la teoria del "*Grande Filtro*" proposta per la prima volta dall'economista statunitense Robin Hanson nel 1998 in "*The Great Filter—Are We Almost Past It?*"³⁶ e ripresa dal filosofo dell'FHI di dell'Università di Oxford Nick Bostrom nel suo articolo "*Where are they? - Why I hope the search for extraterrestrial life finds nothing*" Pubblicato dal MIT nel 2008.³⁷

³⁴ SETI (consultato il 15/09/22) "The SETI Institute" da <https://www.seti.org/about>

³⁵ Dyson F. J. (1959) "*Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation*", Science, 131: 1667–1668

³⁶ Hanson R. (1998) (consultato il 15/09/22) "The Great Filter—Are We Almost Past It?", da <https://mason.gmu.edu/~rhanson/greatfilter.html>

³⁷ Bostrom N. (2008) (consultato il 15/09/22) "Where are they?", MIT Technology Review, da <https://www.technologyreview.com/2008/04/22/220999/where-are-they/>

5.1 Che cos'è il Grande Filtro?

Il grande filtro è un possibile ostacolo che la vita incontra inevitabilmente nel suo percorso evolutivo e che elimina sistematicamente la quasi totalità delle civiltà che ne entrano in contatto. Citando direttamente Nick Bostrom:

“Il Grande Filtro può essere pensato come una barriera di probabilità. Consiste in [una o] più transizioni o passaggi evolutivi altamente improbabili il cui verificarsi è necessario affinché un pianeta simile alla Terra produca una civiltà intelligente di un tipo che sarebbe visibile a noi con la nostra attuale tecnologia di osservazione”.

(Bostrom 2008, pag. 2)

Il Grande Filtro viene presentato come una vera e propria necessità logica e statistica per rendere conto della altissima disponibilità di potenziali punti di germinazione per la vita che però hanno generato apparentemente solo una civiltà di successo.

Nel suo saggio, Hanson esemplifica l'evoluzione della vita su una scala a nove gradini principali, sostenendo che il *'filtro'* deve trovarsi da qualche parte tra il punto in cui la vita emerge su un pianeta (2) e il punto in cui diventa una civiltà interplanetaria o interstellare (9). Usando l'emergere della vita sulla Terra e la civiltà umana come modello, Hanson delinea le nove fasi che la vita in buona probabilità necessita di attraversare universalmente per evolversi fino a civiltà spaziale:

- | |
|--|
| 1) Sistema stellare abitabile |
| ----- |
| 2) Molecole riproduttive |
| 3) Vita semplice unicellulare procariotica |
| 4) Vita unicellulare eucariotica |
| 5) Riproduzione sessuale |
| 6) Vita pluricellulare |
| 7) Animali con “grande cervello” capaci di usare strumenti |
| 8) Civiltà industriale (dove siamo ora) |
| 9) Colonizzazione spaziale |

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, il primo gradino non può essere il Filtro in quanto non vi è scarsità di sistemi stellari abitabili. Il Filtro deve quindi essere uno o più passaggi critici tra i seguenti 8 e deve essere di così bassa probabilità da rendere ininfluenza la vasta disponibilità di pianeti adatti al processo di abiogenesi (fase 1), determinando così inevitabilmente il limitato numero di civiltà complesse.

Ora che abbiamo capito le basi della teoria, procediamo col considerarne le implicazioni. Seguendo Bostrom capiamo che la domanda interessante da porci non è tanto *quale* sia il filtro, ma *dove* sia:

“Ora, una domanda importante per noi è: dove potrebbe essere posizionato questo Grande Filtro? Ci sono due possibilità di base: potrebbe essere dietro di noi, da qualche parte nel nostro lontano passato. O potrebbe essere davanti a noi, da qualche parte nei millenni o nei decenni a venire.”

(Bostrom 2008, pag. 2)

Se il Filtro è dietro di noi, significa che uno dei passaggi che la vita sul nostro pianeta ha intrapreso è estremamente improbabile e che il nostro è stato quindi uno dei rarissimi casi fortunati. Questo passaggio, come abbiamo visto nel capitolo sull'abiogenesi, potrebbe essere proprio l'emergere della vita in sé, oppure il passaggio da cellule procariote (prive di nucleo) a cellule eucariote (provviste di nucleo e mitocondri) capaci di gestire l'energia in modo più efficiente. Forse ancora è la riproduzione sessuale che garantisce il rimescolamento genetico generazione dopo generazione a essere estremamente rara o il grande passaggio dalla vita unicellulare a quella pluricellulare.

Tutti e sette i gradini sono stati proposti da Hanson come ottimi candidati per il Grande Filtro. Il punto cruciale da capire è che, se il grande filtro fosse dietro di noi, questo per noi significherebbe essere la prima o una delle pochissime civiltà che ha raggiunto il nostro stadio di complessità. Forse ci sono milioni di pianeti coperti di batteri nella Via Lattea, ma nemmeno uno, a parte il nostro, ha raggiunto questo livello di complessità o di intelligenza.

La seconda opzione è che il filtro sia davanti a noi e che quindi impedisca alla quasi totalità delle civiltà tecnologiche nel nostro attuale stadio di sviluppo di progredire fino al punto in cui si impegnino in una colonizzazione spaziale su larga scala rendendo nota la loro presenza ad altre civiltà tecnologiche.

Questa ipotesi è più complessa da analizzare in quanto, essendo la nostra la sola civiltà complessa di cui siamo a conoscenza, non disponiamo di alcun modello da seguire per poter individuare possibili filtri futuri e ci troviamo costretti a speculare.

Bostrom trova però un metodo intrigante per distinguere ciò che può essere un Grande Filtro da ciò che invece rimane solo un ostacolo parziale per l'inevitabile evoluzione della civiltà spaziale. Citando direttamente Bostrom:

“Perché qualche rischio esistenziale possa costituire un plausibile Grande Filtro, non è sufficiente che si giudichi che abbia una significativa probabilità soggettiva di distruggere l'umanità. Piuttosto, deve essere di un tipo che potrebbe, con una certa plausibilità, essere postulato per distruggere praticamente tutte le civiltà sufficientemente avanzate.”

(Bostrom 2008, pag. 7)

Un Grande Filtro futuro deve quindi essere:

- a) di scala *esistenziale*
- b) di natura *universale*

Partiamo con la prima caratteristica, la scala *esistenziale*.

Dobbiamo concettualizzare un Grande Filtro davanti a noi come un evento di così devastante effetto da essere capace di eliminare completamente una civiltà evoluta come la nostra ogni singola volta che accade. Ad esempio, se un cataclisma uccidesse la maggior parte dell'umanità e la facesse regredire di migliaia di anni, questa, non essendo stata sterminata definitivamente, prima o poi si potrebbe riprendere e possibilmente continuare la scalata evolutiva verso lo spazio.

Se una civiltà può riprendersi, ci volesse anche un milione di anni, la catastrofe che l'ha colpita non è da considerarsi come un Grande Filtro, ma solo un temporaneo sbarramento verso una finale civiltà galattica.

Nella cronologia dell'Universo, come abbiamo visto nel capitolo 2, anche milioni di anni sono solo un battito di ciglia. Se un Grande Filtro si trova davvero davanti a noi, deve essere così pericoloso, così devastante e potente da avere la capacità di distruggere interamente una civiltà impedendole completamente di riprendersi.

Da questa descrizione si potrebbe pensare che un buon candidato per il Grande Filtro futuro potrebbe essere un cataclisma di scala globale come un impatto di un enorme asteroide. Ma questo, anche se sicuramente esistenziale, manca della seconda caratteristica individuata da Bostrom, *l'universalità*.

“Disastri naturali stocastici come colpi di asteroidi ed eruzioni super-vulcaniche sono improbabili candidati al Grande Filtro, perché anche se distruggessero un numero significativo di civiltà ci aspetteremmo che alcune di queste siano fortunate e sfuggano al disastro; potendo poi continuare a colonizzare l'universo.”

(Bostrom 2008, pag 2)

L'idea è quindi che, ogni singola volta che una civiltà prende il controllo del proprio pianeta, questa debba essere già sulla inevitabile via dell'autodistruzione.

Bostrom propone la *tecnologia* come il più probabile candidato per la diretta creazione di un grande filtro. Essa è infatti, per la nostra concezione di vita, un passaggio necessario per intraprendere l'esplorazione spaziale o per comunicare con altri pianeti e diventa quindi un salto evolutivo universale, valido per ogni civiltà complessa. Ma, come abbiamo visto, perché un ente sia un valido filtro, oltre a essere di scala universale, necessita anche di una natura esistenziale. Il Grande Filtro deve quindi essere una tecnologia così ovvia che sistematicamente viene scoperta da ogni civiltà e così pericolosa che la sua scoperta porta inevitabilmente a un disastro esistenziale.

Le possibilità sono numerose: una guerra nucleare su larga scala, nanotecnologie che sfuggono di mano, una pandemia creata da un virus geneticamente modificato, un'intelligenza artificiale che distrugge i suoi creatori oppure qualcosa che ora non possiamo nemmeno immaginare.

5.2 Dove si trova il Grande Filtro?

Secondo Bostrom, se il filtro è davanti a noi, se è vero che la quasi totalità delle civiltà vengono eliminate prima di raggiungere le stelle, la probabilità che noi saremo gli unici fortunati a farcela è praticamente nulla. Dovremo quindi rinunciare ai nostri grandiosi piani di colonizzazione galattica e attendere l'inevitabile fine della nostra civiltà.

Ci conviene quindi sperare che il filtro sia prima di noi.

Ecco la principale argomentazione del saggio da cui prende il titolo: se il filtro è prima di noi c'è la possibilità che il nostro futuro non sia catastrofico e che noi saremo i primi a viaggiare tra le stelle. Saremo forse i soli in un Universo silenzioso, ma almeno saremo lì fuori.

Per questo ragionamento Bostrom spera che la ricerca della vita extraterrestre non dia mai risultati. Se trovassimo batteri su Marte ad esempio, questo escluderebbe lo scalino evolutivo dell'abiogenesi come valido candidato per il Filtro. Infatti se la vita fosse emersa due volte indipendentemente, a distanza così ravvicinata, è improbabile che essa sia rara. Questo restringerebbe le probabilità che il filtro sia prima di noi, aumentando il rischio che esso si trovi dopo.

E così vale per ognuna delle sette fasi prima della nostra sulla scala di Hanson.

Più la vita nell'universo è comune, avanzata e complessa, più è probabile che il filtro sia davanti a noi.

Organismi unicellulari sarebbero una brutta notizia, piccoli animali sarebbero peggio, la vita intelligente sarebbe allarmante, rovine di antiche civiltà aliene sarebbero disastrose. Se il filtro non è dietro di noi, significa che è davanti.

“Quindi è per questo che concludo che il silenzio del cielo notturno è d'oro, e perché, nella ricerca della vita extraterrestre, nessuna notizia è una buona notizia. Promette un futuro potenzialmente grande per l'umanità.”

(Bostrom 2008, pag. 9)

5.3 Il Tempo come Grande Filtro

Un recente articolo del giornale *Astrobiology* intitolato “*The Timing of Evolutionary Transitions Suggests Intelligent Life Is Rare*”³⁸ sostiene l'ipotesi che la vita intelligente sia un fenomeno estremamente raro nel cosmo.

Schierandosi infatti dalla parte del possibile Filtro *dietro* di noi, gli autori spiegano che la sequenza di passaggi evolutivi necessari per la nascita della vita intelligente ha beneficiato sul nostro pianeta di un tempismo estremamente fortuito che è improbabile si ripeta facilmente nell'Universo:

“Ci sono voluti circa 4,5 miliardi di anni per una serie di transizioni evolutive che hanno portato alla vita intelligente per svolgersi sulla Terra. Tra un altro miliardo di anni, la crescente luminosità del Sole renderà la Terra inabitabile per la vita complessa. L'intelligenza è quindi emersa alla fine della vita della Terra. Insieme ai tempi dispersi delle transizioni evolutive chiave e da quelle plausibili precedenti, si può concludere che i tempi di transizione previsti superano probabilmente la vita della Terra, forse di molti ordini di grandezza. A sua volta, questo suggerisce che è probabile che la vita intelligente sia [nel cosmo] eccezionalmente rara.”

(*Astrobiology* 2021, pag 275)

Per mettere le cose in prospettiva, seguendo questi calcoli, se la vita intelligente sul nostro pianeta avesse impiegato il 20% di tempo in più a evolversi, non si sarebbe evoluta affatto.

Questa è forse la più agghiacciante delle possibili versioni del Grande Filtro in quanto, oltre a proporci ancora una volta la situazione di un cosmo privo di civiltà avanzate dove noi vaghiamo solitari, ci porta a pensare a tutti quei potenziali mondi che, alla soglia dell'intelligenza, sono stati eliminati prematuramente dalla propria stella.

5.4 Considerazioni finali

In conclusione, la teoria del Grande Filtro demolisce efficacemente le fondamenta della terza assunzione del Paradosso di Fermi, dimostrandosi, grazie alla sua alta varietà di possibili risposte, una valida *seconda soluzione* al Grande Silenzio.

Passeremo ora nel sesto capitolo a esplorare un alternativo parallelo gruppo di soluzioni che, basandosi sulla quarta e ultima assunzione del Paradosso, riusciranno a risolverlo senza la necessità di postulare un filtro.

³⁸ Snyder-Beattie A. E., Sandberg A., Drexler K. E., and Bonsall M. B.(2021) “The Timing of Evolutionary Transitions Suggests Intelligent Life Is Rare”, *Astrobiology* 21, 265–278

6. Le civiltà intelligenti sono da noi rilevabili?

Arriviamo finalmente alla critica della quarta e ultima assunzione del Paradosso di Fermi. Finora abbiamo visto come l'alta aspettativa di trovare altre civiltà oltre alla nostra tra le stelle sia giustificata dalla presunta non rarità del processo di abiogenesi nell'Universo e dalla misurata abbondanza di pianeti favorevoli a tale processo.

Come abbiamo compreso dall'analisi della terza assunzione, la seconda possibile ragione per cui tale aspettativa possa essere errata, e quindi la seconda possibile soluzione al Paradosso, consiste nella presenza di un Grande Filtro che blocchi completamente le civiltà aliene dal raggiungere livelli evolutivi tali da renderle capaci di inviare messaggi o lasciare tracce nel cosmo osservabili da noi.

In questo capitolo scopriremo invece la terza possibile soluzione al Paradosso di Fermi che, a differenza della prima o della seconda, spiega l'assenza di segnali di vita complessa extraterrestre, non tanto tramite l'assenza della vita o della vita complessa in sé, ma attraverso la nostra possibile incapacità di rilevare supposti segnali.

Questa ipotesi suggerisce che, anche assumendo che la vita sia abbondante nel cosmo (assunzioni 1 e 2) e che questa sia stata comunemente capace di raggiungere livelli di complessità pari o superiori al nostro (assunzione 3), essa sia semplicemente non visibile a noi.

Un Universo quindi non necessariamente vuoto di vita, ma possibilmente pieno di vita assolutamente muta ai nostri sonar e invisibile ai nostri telescopi.

Questa, più che una singola spiegazione del Grande Silenzio, è invece uno spettro di diverse ipotesi che vanno dalla più concreta e semplicistica a quella più speculativa e complessa, nel quale rientrano:

- 1) Isolamento Spontaneo: nessuno ha interesse a comunicare/espandersi;
- 2) Limiti Tecnologici: è impossibile/svantaggioso comunicare/espandersi;
- 3) Ipotesi dello Zoo/Laboratorio: siamo osservati a distanza dalle altre civiltà;
- 4) Teoria della Foresta Oscura: chi si espone viene eliminato.

Nelle seguenti pagine analizzeremo una a una tutte le quattro possibili ragioni per la non rilevabilità della vita extraterrestre cercando di definire quale tra queste sia la più plausibile.

6.1 Isolamento Spontaneo

Nel corso del saggio che abbiamo analizzato nel capitolo 5, Nick Bostrom propone una possibile antitesi alla teoria del Grande Filtro:

*“Anche se una civiltà tecnologica avanzata potesse diffondersi in tutta la galassia in un periodo di tempo relativamente breve (e successivamente diffondersi nelle galassie vicine), ci si potrebbe comunque chiedere se sceglierebbe di farlo. Forse preferirebbe restare a casa e vivere in armonia con la natura.”*³⁹

(Bostrom 2008, pag. 5)

L'idea è semplice: se le civiltà extraterrestri evolute non avessero alcun interesse ad espandersi o comunicare con lo spazio, noi non avremmo modo di rilevarle.

Il Grande Silenzio verrebbe quindi spiegato non dall'assenza di popolazioni capaci tecnologicamente di farsi notare nel cosmo, ma dal loro disinteresse nel farlo.

Questa ipotesi, che possiamo chiamare *“Isolamento Spontaneo”*, pur tecnicamente sminuendo la necessità di un Grande Filtro, è in realtà una soluzione piuttosto debole al Paradosso di Fermi.

Bostrom infatti porta diverse considerazioni che ne dimostrano l'inefficacia:

1. Possiamo osservare che la vita sul nostro pianeta ha coperto ogni angolo che poteva sostenerla: dai poli più freddi ai deserti più aridi, dalle vette più alte agli abissi più profondi, riuscendo ad adattarsi per fiorire nelle condizioni più avverse. La vita manifesta quindi una chiara tendenza a diffondersi ed espandersi ovunque sia possibile.
2. L'ipotesi dell'isolamento spontaneo si riferisce nello specifico alle specie più evolute di ogni pianeta e, guardando quindi al caso della specie umana, vediamo che questa ha popolato ogni parte del suo pianeta natio, stabilendo la propria presenza anche nello spazio, raggiungendo la Luna e costruendo una stazione spaziale in orbita.
3. C'è una ovvia ragione di colonizzare almeno il proprio sistema solare per una civiltà complessa: le risorse. Lo spazio è ricco di materiali che inevitabilmente si trovano in quantità limitata su di un pianeta. Se una civiltà avanzata vuole continuare il suo progresso tecnologico, avrà bisogno progressivamente di sempre più energia e questo la spingerà inevitabilmente sempre più lontano dal suo pianeta natale.
4. Anche se una civiltà iniziasse come non espansionista, nulla le impedisce di cambiare idea in qualche migliaio di anni, periodi comunque infinitesimali rispetto ai potenziali miliardi in cui la vita può essere esistita.
5. Il punto più importante: l'Isolamento Spontaneo è per definizione non forzato e quindi non universalmente inevitabile. Anche se alcune civiltà avanzate scegliessero di rimanere per sempre non espansionistiche, questo non proibirebbe ad altre di avventurarsi nello spazio.

³⁹ Nick Bostrom (2008), cit.

“Basta un fiammifero per accendere un fuoco; una sola civiltà espansionista per lanciare la colonizzazione dell’Universo.” (Bostrom 2008, pag 6)

6.2 Limiti tecnologici

Una seconda versione di questa soluzione del Paradosso di Fermi è quella preferita dal professor William Martin che, alla fine del nostro colloquio, mi spiega:

“Se una forma di vita volesse contattarci, dovrebbe trasmettere un messaggio proprio a noi, direttamente. Ciò è possibile però solo tramite la trasmissione di un segnale in tutte le direzioni, sperando che raggiunga qualcuno. Penso che l’energia richiesta [per un messaggio del genere] inizi a essere simile all’energia emessa dalle piccole stelle e allora sorge la domanda: perché qualcuno dovrebbe andare a fare tanto sforzo per inviare un messaggio nello spazio nella speranza che qualcuno lo ascolti?”.

(Intervista privata, 19/09/22)⁴⁰

La spiegazione del Grande Silenzio potrebbe quindi essere una semplice questione economica: la tecnologia necessaria per comunicare con altre civiltà spaziali potrebbe essere irrealizzabile o semplicemente troppo costosa per il poco beneficio che potrebbe dare. Creare una mega-struttura nello spazio e spendere enormi quantità di energia al solo scopo di inviare un messaggio nel cosmo contando sull’improbabile possibilità che qualcuno sia là fuori non solo pronto a riceverlo, ma soprattutto capace di rispondere, potrebbe essere un’impresa semplicemente troppo svantaggiosa da intraprendere.

Questa logica è la stessa seguita da Fermi stesso per la formulazione della primissima originale soluzione del suo paradosso. Infatti sembra che, subito dopo aver proposto il famoso quesito *“dove sono tutti?”* ai colleghi, il fisico abbia ragionato sul possibile estremo costo non solo di comunicare con lo spazio, ma anche di viaggiare in esso.

“[Fermi] ha proseguito concludendo che il motivo per cui non siamo mai stati visitati potrebbe essere che il viaggio interstellare sia impossibile o, nel caso sia possibile, che non si ritenga mai valerne la pena”

(Jones 1985, pag. 3)⁴¹

Questa ipotesi però, anche se potenzialmente capace di rendere conto del Grande Silenzio proponendosi come limite universale alla tecnologia, rimane inevitabilmente limitata dalla nostra attuale comprensione di questa, permettendoci solo di speculare senza certezze su quali potrebbero essere i problemi che civiltà più avanzate incontreranno di fronte all’impresa della colonizzazione spaziale.

Un ipotetico macchinario come la Sfera di Dyson⁴², capace di sfruttare l’energia di un’intera stella, annullerebbe ad esempio il problema energetico.

⁴⁰ Intervista privata con Martin W.F. (19/09/22)

⁴¹ Jones E. M. (1985), cit.

⁴² Dyson F. J. (1959) *“Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation”*, Science, 131: 1667–1668

6.3 Ipotesi dello Zoo/Laboratorio

Di grado ancor più speculativo è la cosiddetta “*Ipotesi dello zoo*” o “*del laboratorio*”, ideata dal radio-astronomo del MIT John Ball nel suo articolo "The Zoo Hypothesis" del 1973⁴³.

La teoria consiste nel considerare il nostro angolo di Universo come una gabbia in un enorme zoo, o un’ampolla di un enorme laboratorio, isolata dal resto del cosmo per volontà di una ipotetica società di civiltà extraterrestri che hanno unanimemente deciso di osservarci a distanza senza interferire. Che questa pratica sia a scopo di studio, di sperimentazione o di altruismo è motivo di forte discussione della comunità scientifica, ma l’idea generale di questa ipotesi è che il Grande Silenzio del cosmo non sia una semplice conseguenza indiretta, ma sia invece una costruzione voluta e attivamente mantenuta da questi ipotetici osservatori.

Alcuni sostengono che il nostro isolamento sia voluto dai “custodi dello zoo” per incentivare la spontanea nascita di diversità nel cosmo, obiettivo quindi raggiungibile tramite la loro scelta di non entrare in contatto con nessuna popolazione in modo da permetterne l’autonomo sviluppo evolutivo. Altri come Ball reputano l’opzione del laboratorio più plausibile, vedendo la vita sulla Terra come un esperimento in corso. Altri ancora come Nick Bostrom invece propongono che il silenzio degli osservatori sia da considerarsi temporaneo e dovuto alla nostra attuale immaturità come specie:

*“Forse c’è una società segreta di civiltà avanzate che sanno di noi ma hanno deciso di non contattarci finché non saremo abbastanza maturi per essere ammessi nel loro club. Forse ci osservano, come animali in uno zoo.”*⁴⁴

(Bostrom 2008, pag. 6)

Qualsiasi sia il motivo, nell’ottica di questa ipotesi la ragione per cui non rileviamo nessuno al di fuori di noi è perché siamo circondati da specchi unidirezionali: loro vedono noi, noi non vediamo loro.

La teoria, per quanto intrigante, rimane generalmente considerata una delle soluzioni più deboli del Paradosso di Fermi, essendo costruita su assunzioni estremamente improbabili.

Perché l’ipotesi dello zoo sia possibile è infatti necessaria la presenza di un ferreo fronte comune da parte dei custodi/scienziati/osservatori. Se anche solo una delle civiltà membro dell’ipotetico collettivo non seguisse l’imperativo di non interferenza nei nostri confronti, l’intera struttura crollerebbe spezzando il Grande Silenzio, e la probabilità di una tale violazione dell’egemonia aumenta con il numero delle civiltà. Ma anche considerando gli osservatori come una unica singola civiltà, essa dovrebbe mantenere inalterata generazione dopo generazione la politica di silenzio per milioni di anni senza mai romperla.⁴⁵

⁴³ Ball J. A. (1973). "The Zoo Hypothesis", *Icarus*, 19:347-349

⁴⁴ Nick Bostrom (2008), cit.

⁴⁵ Forgan D. H. (2011) “Spatio-temporal Constraints on the Zoo Hypothesis, and the Breakdown of Total Hegemony” *International Journal of Astrobiology*, 10: 341-347

6.4 Teoria della Foresta Oscura

Un cacciatore armato di fucile si aggira solo e silenzioso nella foresta oscura. Mentre cammina, cerca di non farsi notare dagli altri cacciatori nascosti nella vegetazione, perché la legge della foresta è chiara: uccidi o sii ucciso. Non conosce le loro intenzioni, se sono ostili o meno, ma sa che lui ucciderebbe per assicurare la propria sopravvivenza e deve quindi presumere che chiunque sia là fuori farebbe lo stesso. E può darsi che, se si imbattersse in un altro individuo, il primo a sparare sarà l'unico a salvarsi.

Questo scenario metaforico rappresenta lo stato attuale delle civiltà avanzate nell'universo secondo la *Teoria della Foresta Oscura*, un'ipotesi originariamente proposta dallo scrittore cinese fantascientifico Cixin Liu nella trilogia "*Three Body*"⁴⁶ che sta ora prendendo piede nella letteratura filosofica come una delle più affascinanti e al contempo terrificanti soluzioni del Paradosso di Fermi.

L'ipotesi di Cixin spiega il Grande Silenzio come il risultato della universale necessità per le civiltà evolute nel cosmo di rimanere nascoste e silenziose al fine di preservare la propria sopravvivenza. Ogni civiltà è un cacciatore solitario nella metaforica foresta oscura ove ogni vita che esce allo scoperto è destinata a essere eliminata.

Nel saggio "The Dark Forest Rule: One Solution to the Fermi Paradox"⁴⁷ del 2015, Yu Chao analizza la Teoria della Foresta Oscura paragonandola allo "*stato di natura*" proposto da Thomas Hobbes nel "*Leviatano*".⁴⁸

Il parallelismo è estremamente calzante e interessante da esplorare in quanto la logica e le premesse di entrambi gli scenari combaciano, mentre le conseguenze sembrano diversificarsi radicalmente.

Nel Leviatano di Hobbes, lo *stato di natura* è una realtà senza legge dove tutto è lecito e dove regna incontrollato il dominio dell'uomo sull'uomo. E' uno stato di costante guerra e insicurezza dove il più forte sovrasta il più debole e dove l'unico valore esistente è la sopravvivenza personale. Questa dimensione è superabile solo tramite l'entrata in società per mezzo di un patto tra uomini liberi che cedono la propria illimitata volontà pur di unirsi e organizzarsi.

La Foresta Oscura, come annunciato, ha premesse assolutamente affini a quelle dello stato di natura:

- a) ogni individuo ha come obiettivo primario la propria sopravvivenza;
- b) gli individui competono per le limitate risorse dell'ambiente.

⁴⁶ Cixin L., (2008) "Three-body", Chongqing, Chongqing Publishing Group

⁴⁷ Chao Y. (2015) "The Dark Forest Rule: One Solution to the Fermi Paradox", Journal of the British Interplanetary Society, 68:142-144

⁴⁸ Hobbes T., Traduttore Gianni Micheli (2013) "Leviatano", Rizzoli

Lo scarto fondamentale dal concetto hobbesiano risiede nella diversa natura dei suoi soggetti di interesse che, essendo nel caso della foresta oscura non uomini, ma civiltà spaziali, essi seguono regole considerevolmente diverse.

In particolare la Teoria postula due concetti cruciali.

- 1) La "*catena del sospetto*" è causata dalla inevitabile scarsa comunicazione tra le diverse civiltà nell'Universo a causa della barriera della velocità della luce che impedisce un dialogo in tempo reale. Il risultato è una diffusa e profonda diffidenza tra culture.
- 2) Il concetto di "*esplosione tecnologica*" indica la costante possibilità che una civiltà intraprenda un improvviso sviluppo tecnologico radicale che la faccia avanzare considerevolmente di livello energetico. Nessuna popolazione, per quanto evoluta, può quindi ritenersi al sicuro e confidare nel proprio stadio di progresso tecnologico, in quanto vi è sempre l'imminente possibilità di essere raggiunti o peggio sorpassati.

L'implicazione di questi due principi è uno stato di natura così ostile che l'unica strategia valida per sopravvivere è nascondersi totalmente dagli altri individui. Dalla civiltà più giovane e debole a quella più anziana e potente, il metodo di autopreservazione sembra essere il medesimo: occultarsi completamente.

Questo perché, a causa della catena del sospetto, nessuna popolazione può senza dubbio sapere di essere attualmente la più forte e, anche assumendo di esserlo, a causa dell'esplosione tecnologica vi è la costante possibilità di un sorpasso da parte di altri.

Infatti anche se una civiltà relativamente avanzata volesse attaccarne una inferiore per eliminare il potenziale pericolo esistenziale che questa in futuro potrebbe rappresentare, si troverebbe costretta a uscire allo scoperto e quindi a incorrere in un rischio significativamente maggiore.

Yu Chao spiega la dinamica con una metafora:

"In una foresta oscura, un bambino si siede davanti a un falò e canta, portando molti cacciatori a puntargli le armi contro. Nonostante la possibilità che il bambino rappresenti un potenziale futuro rischio, un cacciatore che spara al bambino incorrerebbe in un rischio più grave; gli altri cacciatori di alto livello potrebbero cercare il tiratore."

(Yu Chao, 2015)

La questione più drammatica della Teoria di Cixin è che, a differenza dello stato di natura hobbesiano, dalla foresta oscura non è possibile uscire tramite un patto sociale.

Hobbes sosteneva che gli uomini dallo stato di natura progressivamente inizino a unirsi in società, poiché questa è capace di garantire sicurezza e protezione dal

dominio incontrollato dell'uomo sull'uomo. Ma questo è possibile solo a causa della limitata differenza di forza presente tra gli uomini.

“La natura ha reso gli uomini così uguali nelle facoltà del corpo e della mente che, sebbene si trovi talvolta un uomo manifestamente più forte fisicamente o di mente più pronta di un altro, pure quando si calcola tutto insieme, la differenza tra uomo e uomo non è così considerevole, che un uomo possa di conseguenza reclamare per sé qualche beneficio che un altro non possa pretendere, tanto quanto lui. Infatti riguardo alla forza corporea, il più debole ha forza sufficiente per uccidere il più forte, o con segreta macchinazione o alleandosi con altri [...] Da questa uguaglianza di abilità sorge l'eguaglianza nella speranza di conseguire i nostri fini.”

(Hobbes 2013, cap 13 pag. 126)⁴⁹

Se guardiamo invece al caso della foresta oscura, i rapporti tra civiltà spaziali sono, a causa della esplosione tecnologica, inevitabilmente caratterizzati da estreme disuguaglianze in termini di forza, nonché, a causa della catena del sospetto, dall'incertezza di quale sia tale differenza.

Anche un ipotetico collettivo intergalattico non potrebbe assicurare protezione assoluta ai suoi membri sempre a causa dei due principi fondamentali della teoria che mantengono la possibilità di rischi esistenziali sempre presente.

In conclusione Yu Chao propone la rivisitata *“legge della foresta oscura”* secondo la quale ogni civiltà fa tutto ciò che è in suo potere per nascondersi da altre civiltà al fine di evitare rischi sconosciuti, formando così l'attuale Grande Silenzio.

Il cosmo risultante è quindi uno spazio ove esistono solo due tipi possibili di civiltà: *silenziose o morte*.

6.5 Ricapitolando

La quarta assunzione del Paradosso di Fermi si è rivelata essere una delle più deboli premesse del quesito, fornendoci quattro promettenti candidati per una sua ulteriore soluzione.

Le prime tre opzioni (Isolamento Spontaneo, Limiti Tecnologici, Ipotesi dello Zoo), anche se munite di validi e interessanti ragionamenti, tutte hanno presentato punti critici che inevitabilmente ne hanno compromesso la forza esplicativa.

La Teoria della Foresta Oscura invece, anche se caratterizzata da una natura fortemente speculativa, non presenta evidenti problematiche e si dimostra, a mio parere, come la più articolata e plausibile spiegazione di questo capitolo, prendendo il titolo di *terza principale soluzione* del Grande Silenzio.

⁴⁹ Hobbes T. (2013), cit.

7. Conclusione

Arriviamo quindi alla conclusione del nostro studio relativo all'abiogenesi che, tramite l'analisi delle quattro assunzioni del Paradosso di Fermi, ci ha portato a individuare tre principali soluzioni al Grande Silenzio:

- 1) L'ipotetica estrema rarità dell'abiogenesi comporterebbe un Universo morto, dove la Terra potrebbe rappresentare quindi il primo e l'ultimo caso fortuito in cui la vita sia riuscita a nascere. Il Grande Silenzio viene di conseguenza spiegato dal fatto che l'umanità risulterebbe semplicemente essere l'unica civiltà a popolare il cosmo, custode del solo pianeta verde tra miliardi.
- 2) Seguendo la Teoria del Grande Filtro, la vita potrebbe invece essere comune nell'Universo, diffusa in tutta la nostra galassia, ma universalmente incapace di raggiungere la complessità necessaria a lasciare il proprio pianeta e comunicare con lo spazio a causa di un qualche tipo di ostacolo esistenziale che ne causa sistematicamente l'arresto evolutivo. In questo caso il Grande Silenzio sarebbe dovuto a un Universo potenzialmente brulicante di vita, ma impossibilitato però all'inviare messaggi rilevabili da noi.
- 3) L'Universo è una Foresta Oscura dove vige sovrana la legge del più forte. Simili agli uomini nello stato di natura hobbesiano, le civiltà spaziali vivono in costante paura l'una dell'altra trovando tutte l'unica via della sopravvivenza nell'occultarsi alle altre. Il cosmo risultante è in questo caso pieno di vita avanzata, ma universalmente costretta a essere assolutamente silenziosa, causando il Grande Silenzio.

Le prime due opzioni mettono l'umanità in una possibile posizione di assoluta solitudine e terribile rarità, ma anche di grande valore e responsabilità. Quale dovrebbe essere il nostro ruolo nell'Universo se fossimo davvero gli unici esseri intelligenti ad abitarlo?

La terza soluzione al Paradosso ci pone invece in una prospettiva diametralmente opposta in cui l'uomo è uno tra i tanti nel cosmo, spogliato di ogni unicità e costretto a nascondersi da esseri inimmaginabilmente più potenti di lui.

Come saggiamente disse lo scrittore Arthur C. Clarke:

*“Esistono due possibilità: o siamo soli nell'Universo o non lo siamo. Entrambi sono ugualmente terrificanti”.*⁵⁰

⁵⁰ BBC (consultato il 15/09/22) “Are we alone in the Universe?”
<https://www.bbc.com/future/article/20140211-are-we-alone-in-the-universe>

Nonostante la chiara gravità delle implicazioni, questo dibattito astro-biologico contiene nel suo cuore una delle domande più definitive dell'animo umano, quella della nostra origine. All'interno di questa discussione attiva e fiorente da ormai più di settant'anni, il quesito sull'abiogenesi, sull'origine della vita, su ciò che contraddistingue la nostra identità di esseri viventi dotati di intelletto, spicca come fondamentale esempio del rapporto collaborativo di reciproca definizione che può instaurarsi tra Filosofia e Scienza.

La ricerca del sapere in campi così complessi non può essere che condotta con entrambe: l'indole insaziabile propriamente filosofica di mettere in continua discussione il reale, mai abbastanza vero per essere inattaccabile, e la dedizione puramente scientifica nell'indagare costantemente la natura nella speranza di scoprirsi un giorno in torto e avere quindi l'occasione di evolvere e accrescere la propria conoscenza.

Le due interrogano così, fianco a fianco, la realtà, destinate assieme a una parallela ricerca eterna: la scienza cercando risposte alle infinite domande del reale, la filosofia ponendo domande alle infinite risposte della scienza.

Non è un caso che sia stato un filosofo a farsi per primo una delle domande più scientifiche mai ideate, come non è un caso che sia stato un fisico a formulare uno dei paradossi più filosofici mai creati.

8. Bibliografia

- Aristotele, (350 a.C.) (consultato il 15/09/22), tradotto da Thompson W. "Sulla storia degli animali", Libro V, parte 1, da http://classics.mit.edu/Aristotle/history_anim.5.v.html
- Ball J. A. (1973) "The Zoo Hypothesis", *Icarus*, 19:347-349
- BBC (consultato il 15/09/22) "Are we alone in the Universe?" da <https://www.bbc.com/future/article/20140211-are-we-alone-in-the-universe>
- Bostrom N. (2008) (consultato il 15/09/22) "Where are they?", *MIT Technology Review*, da <https://www.technologyreview.com/2008/04/22/220999/where-are-they/>
- Braterman P. S. (2013) (consultato il 15/09/22) "How Science Figured Out the Age of Earth", *Scientific American*, da <https://www.scientificamerican.com/article/how-science-figured-out-the-age-of-the-earth/>
- Brin G. D. (1983) (consultato il 15/09/22) "The 'Great Silence': The Controversy Concerning Extraterrestrial Intelligent Life.", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 24: 283-309
- Cixin L., (2008) "Three-body", Chongqing, Chongqing Publishing Group
- Chao Y. (2015) "The Dark Forest Rule: One Solution to the Fermi Paradox", *Journal of the British Interplanetary Society*, 68:142-144
- Craig A. (2003) (consultato il 15/09/22) "Astronomers count the stars", *BBC NEWS*, da <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3085885.stm>
- Curi U. (2018) "Il coraggio di pensare", Loescher Editore
- Dunbar B. (2017) (consultato il 15/09/22) "Oldest Known Planet Identified", *NASA*, da https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_76.html
- Dyson F. J. (1959) "*Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation*", *Science*, 131: 1667–1668
- Fiasconaro G. (2019) (consultato il 15/09/22) "L'età della Via Lattea svelata dall'asterosismologia", *MEDIA INAF*, da <https://www.media.inaf.it/2019/12/09/disco-spesso-asterosismologia-kepler/>
- Fiasconaro G. (2022) (consultato il 15/09/22) "Stelle della Via Lattea? È questione di chimica", *MEDIA INAF*, da <https://www.media.inaf.it/2022/03/01/chimica-via-lattea/>
- Forgan D. H. (2011) "Spatio-temporal Constraints on the Zoo Hypothesis, and the Breakdown of Total Hegemony" *International Journal of Astrobiology*, 10: 341-347
- Geymonat L., Boncinelli E., Cattaneo F., Cresto-Dina P, Tagliagambe S., Zucchello D., Manera E (2015) "Il pensiero filosofico, la realtà, la società", Garzanti Scuola
- Hanson R. (1998) (consultato il 15/09/22) "The Great Filter—Are We Almost Past It?", da <https://mason.gmu.edu/~rhanson/greatfilter.html>
- Hobbes T., Traduttore Gianni Micheli (2013) "Leviatano", Rizzoli
- Hoyle F. (1983) "The Intelligent Universe", Michael Joseph Limited, London
- Hublin, JJ., Ben-Ncer A., Bailey, S. (2017) "New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens*", *Nature* 546: 289–292
- INAF (consultato il 15/09/22) "*Lo studio delle galassie*", da <http://www.inaf.it/it/campi-di-attivita/galassie-e-cosmologia/lo-studio-delle-galassie>

- Jones E. M. (1985) "Where is everybody? an account of Fermi's question." Technical Report LA-10311-MS, Los Alamos National Laboratory.
- Mann A. (2021) "Making headway with the mysteries of life's origins", PNAS, 118: e2105383118
- Martin W. , Baross J., Kelley D., Russell M.J. (2008) "Hydrothermal vents and the origin of life", Nat Rev Microbiol, 6: 805–814
- Miller S. L. (1953) "A production of amino acids under possible primitive earth conditions" Science 117, 528–529
- Nelson D. L., Cox M. M. (2014) "I principi di biochimica di Lehninger" Sesta edizione, Zanichelli
- Pascual R. (2008) "L'origine della vita: scienza, filosofia e fede", Libreria Editrice Vaticana
- Patel N. V. (2020) (consultato il 15/09/22) "Half the Milky Way's sun-like stars could be home to Earth-like planets" MIT Technology Review, da <https://www.technologyreview.com/2020/11/06/1011784/half-milky-way-sun-like-stars-home-earth-like-planets-kepler-gaia-habitable-life/>
- Petigura E. A., Howard A. W. e Marcy G. W. (2013) "Prevalence of Earth-size planets orbiting Sun-like stars", PNAS, 110: 19273-19278
- SETI (consultato il 15/09/22) "The SETI Institute" da <https://www.seti.org/about>
- Snyder-Beattie A. E., Sandberg A., Drexler K. E., and Bonsall M. B.(2021) "The Timing of Evolutionary Transitions Suggests Intelligent Life Is Rare", Astrobiology 21, 265–278.
- *Abiogenesi in "Enciclopedia Italiana"*. (consultato il 15/09/22), Treccani, il portale del sapere, da [https://www.treccani.it/enciclopedia/abiogenesi_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/abiogenesi_(Enciclopedia-Italiana)/)
- *Biogenesi in "Vocabolario - Treccani"* (consultato il 15/09/22), Treccani, il portale del sapere, <https://www.treccani.it/vocabolario/biogenesi/>
- Università di Padova (2021) (consultato il 15/09/22) "Le domande irrisolte dell'evoluzione. Qual è l'origine della vita?", <https://youtu.be/tMuqD9udRaw>
- Weiss M.C., Preiner M., Xavier J.C., Zimorski V., Martin W.F. (2018) "The last universal common ancestor between ancient Earth chemistry and the onset of genetics", PLoS Genet 14: e1007518
- Weiss M. C., Sousa F.L., Mrnjavac N., Neukirchen S., Roettger M., Nelson-Sathi S., Martin W. F. (2016) "The physiology and habitat of the last universal common ancestor", Nat Microbiol, 1:16116

-
- Intervista privata con Martin W.F. (19/09/22)
 - **Figura 1** da Jones E. M. (1985) "Where is everybody? an account of Fermi's question." Technical Report LA-10311-MS, Los Alamos National Laboratory.
 - **Figura 2** da Giannone R (2020) (consultato il 15/09/22) "Francesco Redi: scienziato e scrittore alla corte dei Medici", Microbiologia Italia, da <https://www.microbiologiaitalia.it/guru-della-microbiologia/francesco-redi-scienziato-e-scrittore-alla-corte-dei-medici/>
 - **Figura 3** da INAF (consultato il 15/09/22), da <https://www.media.inaf.it/wp-content/uploads/2017/08/goldilocks.jpg>