

## Vita nell'universo

Se facessimo un sondaggio chiedendo alle persone se esistono o meno forme di vita su altri pianeti dell'universo, è presumibile che la risposta sarebbe ampiamente positiva. Magari la percentuale di convinti fautori della vita extraterrestre scenderebbe un po' se si chiedesse in particolare la possibilità di trovare civiltà intelligenti. Restando solamente nella nostra galassia, la **Via Lattea**, contiamo duecento e più miliardi di stelle. Nell'intero universo sono miliardi le galassie. E' quindi verosimile pensare che l'universo intero sia brulicante di vita.

Fino a tutti gli anni '80, gli unici pianeti conosciuti erano quelli del sistema solare. La tecnologia non permetteva di rivelare quelli orbitanti attorno ad altre stelle (pianeti extrasolari). I metodi messi a punto in questo ultimo trentennio hanno permesso di scoprirne più di tremila orbitanti attorno ad altre stelle. In genere si tratta di giganti gassosi, come il nostro Giove, ma sono stati individuati anche pianeti rocciosi, sebbene di dimensioni molto più grandi della nostra Terra. Tali pianeti sono detti **Superterre** e potrebbero essere adatti alla vita, se fossero presenti le condizioni adeguate. Descriveremo in seguito quali siano queste condizioni.

Nel prossimo futuro saranno sempre più numerosi i pianeti che si osserveranno su altre stelle, magari anche di dimensioni comparabili a quelle terrestri. Si potranno scoprire forse anche pianeti simili al nostro mondo. Da notare che rivelare pianeti extrasolari non significa fare loro delle belle fotografie, come talora si vede in qualche rivista. Non esiste ancora alcuna immagine di questo genere, non è possibile per ora avere un'immagine convenzionale di un pianeta immerso nella luminosità della sua stella. Sono metodi indiretti quelli che ci permettono di inferire la loro esistenza. Ad ogni modo, il futuro sviluppo dei metodi di rivelazione porterà a rivelarne sempre di più, con crescenti informazioni sulla loro natura. Aumenterà quindi in modo consistente la possibilità di pensare a forme di vita extraterrestre. Se ogni stella avesse in media otto pianeti come il nostro Sole, il numero di pianeti extrasolari, già cospicuo, diventerebbe straordinario. Inoltre alcuni pianeti del nostro sistema solare contano numerosi satelliti, alcuni dei quali sono attualmente sotto investigazione perché potrebbero ospitare elementari forme di vita, pur in ambienti estremi. Ad esempio, Europa che orbita intorno a Giove è un satellite candidato ad ospitare qualcosa di interessante sotto la sua spessa coltre di ghiaccio.

Tutte ottime ragioni quindi per rispondere in modo positivo al sondaggio sulla presenza di vita extraterrestre.

Ma si è proprio certi che la grande abbondanza di mondi nell'universo sia condizione sufficiente per affermare che la vita sicuramente esista al di fuori della Terra?

E' una questione interessante...vale decisamente la pena di approfondirla.

### Una strana lotteria

Proponiamo ad una persona di acquistare un biglietto di una lotteria che vende miliardi e miliardi di biglietti. Il nostro acquirente non sa che c'è un unico biglietto vincente. E' un giocatore molto fortunato, con un unico biglietto vince questa straordinaria lotteria. Cosa penserebbe il vincitore? Direbbe sicuramente che, non avendo alcun requisito particolare, la sua vittoria è un chiaro indice del fatto che sono numerosissimi gli altri biglietti vincenti, andando contro alla realtà. La Terra potrebbe essere paragonabile a quel fortunato vincitore? Potrebbe dunque avere proprio estratto quell'unico fortunato biglietto della lotteria cosmica? Credere alla presenza di vita extraterrestre o anche di civiltà intelligenti in base ai numeri straordinari proposti dall'universo non ha alcuna intrinseca valenza, anche se è argomento di buon senso, spesso invocato anche dagli studiosi. E' argomento privo di fondamento logico. Non saranno quindi considerazioni basate sui numeri che ci potranno convincere della numerosità di pianeti adatti ad ospitare la vita o che la vita l'hanno magari già sviluppata o la svilupperanno in futuro. O anche di pianeti nei quali la vita si è già estinta per le cause più disparate.

E se l'universo fosse *infinito*? Allora non avremmo solo miliardi e miliardi di stelle, di pianeti, di mondi adatti ad ospitare la vita. Avremmo forse un numero infinito di oggetti simili alla Terra...la vita potrebbe dunque essere sorta anche in altri infiniti mondi? Ma non sappiamo se l'universo sia finito o infinito.

### Uno sguardo sull'universo, qualche nozione un po' noiosa

Tutti noi abbiamo l'idea che l'universo, anche se non infinito, sia straordinariamente grande. Ma quanto grande? In astrofisica si usa molto la distanza espressa in anni-luce, che corrisponde alla distanza

percorsa dalla luce in un anno. Poiché la luce viaggia a circa 300.000 km al secondo, un semplice calcolo fa ottenere per l'anno-luce la straordinaria distanza di circa 10.000 miliardi di km. Un'astronave terrestre che andasse alla rispettabile velocità di 30.000 km all'ora impiegherebbe vari millenni per coprire una simile distanza. Pensiamo che la stella più vicina a noi si trova a 4,5 anni-luce da noi. La nostra galassia, come altro riferimento per meglio comprendere il difficile tema delle distanze cosmiche (visti gli enormi numeri in gioco), ha un diametro di circa 100.000 anni-luce. Noi ci troviamo ad una distanza dal suo centro di 30.000 anni-luce, in una zona periferica e quindi piuttosto tranquilla, lontana dal nucleo in cui le energie in gioco probabilmente non renderebbero possibile la vita. Altre galassie si trovano a milioni di anni-luce dal Sole, come la galassia di Andromeda. Queste semplici considerazioni già ci rendono molto scettici sulla possibilità di contattare o essere contattati da civiltà aliene. Potrebbero queste immani distanze già una risposta al famoso quesito di *Enrico Fermi*: **“Se ci sono numerosissime civiltà, perché non sono già qui?”** In fin dei conti, la nostra specie ha poche decine di migliaia di anni alle spalle ed ha iniziato il suo progresso tecnologico da poco più di tre secoli. In questo breve periodo è stata però già in grado di visitare la Luna e inviare sonde ai confini del sistema solare. Una civiltà tecnologica vecchia di millenni che risultati potrebbe avere già ottenuto nell'esplorazione spaziale? Perché non è già arrivata da noi? Un ottimo motivo per ritenere che mai saremo contattati da una eventuale civiltà aliena è quello della **non contemporaneità** delle civiltà. Abbiamo detto che la nostra specie data poche migliaia di anni da quando ha conquistato il rango di civiltà. Diecimila anni sono pochissimi rispetto ai tempi cosmici. Quali altre civiltà della nostra galassia saranno in questo momento attive? Quante si saranno già estinte? Quante si svilupperanno nel futuro? Non è pensabile che una civiltà esista in eterno, per milioni o miliardi di anni. La morte della sua stella le imporrà una fine inevitabile, a meno che non sia riuscita a migrare in tempo in un altro pianeta.

Dovremmo quindi essere così fortunati di vivere magari “abbastanza vicino” nel tempo e nello spazio ad una civiltà tecnologica?



*Galassia di Andromeda, 2 milioni di anni-luce dalla Terra, con circa duecento miliardi di stelle. Si pensa che la nostra galassia, la Via Lattea, sia molto simile ad Andromeda.*

È evidente che in questi discorsi ipotizziamo sempre, anche se non siamo autorizzati a farlo, che ogni ipotetica civiltà aliena aspiri ad esplorare l'universo come facciamo noi. Oltre a quella già esposta, sono numerosissime le considerazioni che si possono fare sul tema delle civiltà aliene e del perché non ne abbiamo mai rivelato la presenza. In questo scritto non ci interesseremo comunque troppo da vicino a questo affascinante problema...saremmo già più che soddisfatti se ci chiariremo un po' le idee sulle probabilità dell'esistenza della vita, eventualmente intelligente, nel cosmo. Resta poi sempre l'interrogativo, non tanto banale come può sembrare: **“Ma siamo noi una civiltà intelligente?”** Forse l'intelligenza di una civiltà aliena potrebbe essere completamente dissonante rispetto alla nostra.

## **Il modello standard dell'universo**

Lo strumento che gli scienziati hanno messo a punto per la descrizione dell'universo è detto *“modello standard dell'universo”* e riassume tutte le conoscenze che l'uomo ha sviluppato sia sull'estremamente grande (le dimensioni del cosmo) sia sull'estremamente piccolo (a scala atomica, subatomica e di particelle elementari). È un complesso estremamente sofisticato di congetture che mettono insieme osservazioni sperimentali e studi teorici. Nonostante i suoi numerosi aspetti ancora controversi (non passa giorno che non si scopra qualche suo difetto) ci permette di avere dei punti fermi sui quali la comunità scientifica è complessivamente d'accordo. Una prima considerazione riguarda l'**età dell'universo: 13,8 miliardi di anni**. Abbiamo una buona teoria che ci permette di capire cosa sia successo dalla sua nascita fino ai nostri tempi. Sarebbe più corretto dire quasi dalla sua nascita, cioè

abbiamo un modello che ci permette di conoscere quanto successo da un attimo estremamente piccolo successivo all'istante iniziale. A conoscere cosa sia successo nell'istante zero non potremo mai arrivare.

Se quindi osserviamo un astro distante 13 miliardi di anni-luce vediamo un oggetto com'era 13 miliardi di anni fa, impiegando la luce dell'astro 13 miliardi di anni per arrivare fino a noi. Osserviamo quindi un universo primordiale, quello che esisteva 13,8 miliardi di anni fa. Il telescopio è una macchina del tempo: ci fa vedere gli astri non nel momento attuale, ma nel passato. Un potentissimo telescopio di un'ipotetica civiltà aliena da noi distante 2500 anni-luce (relativamente poco in termini astronomici) potrebbe vedere la battaglia delle Termopili in diretta. Possiamo quindi dire che l'universo ha un raggio di 13,8 miliardi di anni-luce? No, perché si stima che l'universo abbia un raggio di circa **46 miliardi di anni-luce**. Come mai? Perché l'universo si espande e le galassie si allontanano da noi tanto più velocemente quanto più sono distanti da noi. Un semplice esempio, utilizzando l'analogia con un tappeto scorrevole, ci permetterà di capire questa strana situazione.

A \_\_\_\_\_ G Galassia \_\_\_\_\_ Noi  
13 miliardi di anni-luce

La Galassia, nel punto G, emette luce che viaggia verso il punto N, dove un uomo la sta osservando. La galassia dista 13 miliardi di anni-luce, ma si trova in questo virtuale tappeto scorrevole che viaggia verso sinistra (sarebbe il movimento indotto dall'espansione dell'universo). L'espansione viaggia a velocità superiori a quelle della luce e, quando la luce della galassia arriverà a noi, essa si troverà oltre i quaranta miliardi di anni-luce, nel punto A. I calcoli teorici associano l'età dell'universo (13,8 miliardi di anni) ad un raggio reale di circa 46 miliardi di anni. Per quel che ne sappiamo l'universo è quindi **finito** e si può rappresentare come una sfera, ben difficile da immaginare, di 46 miliardi di anni-luce di raggio. E' quello che si definisce "**universo osservabile**". Oltre non si può vedere e di più non è dato sapere. Potrebbe anche essere infinito. Potrebbero addirittura esistere infiniti universi, gli uni inconoscibili agli altri.

Le galassie si allontanano dal nostro punto di vista. Non certamente perché noi siamo al centro dell'universo: l'universo non ha un centro. Pensate di disegnare tanti puntini (le galassie) su un telo elastico e poi di tirare il telo in tutte le direzioni. Ciascun puntino si allontanerà da tutti gli altri. Non esisterà un centro di espansione. Già questa considerazione pone un limite a possibili contatti tra civiltà. Se le galassie in cui risiedono si allontanano da noi così velocemente, come potrebbero mai raggiungerci? Fortunatamente l'espansione dell'universo agisce a scala globale. Su scala locale le galassie si possono anche avvicinare. Ad esempio, la galassia di Andromeda è in avvicinamento alla nostra e si fonderà con essa in un lontanissimo futuro. Accontentiamoci quindi di considerare solo la nostra galassia, la via Lattea. Contiene già circa duecento miliardi di stelle e quindi ancor più miliardi di pianeti ed è su di essa che si possono ipotizzare eventuali viaggi al di fuori del sistema solare o rilevazioni di segnali di vita extraterrestre.



La Via Lattea.

*Essendo il sistema solare interno alla nostra galassia, la Via Lattea, e non potendo ovviamente uscirne, non possiamo avere un'immagine completa di essa. Si suppone sia simile alla galassia di Andromeda (immagine precedente). Se guardiamo lungo il piano galattico, vediamo una grande quantità di stelle, che chiamiamo appunto via Lattea: è un braccio della nostra galassia. Se guardiamo il braccio nella direzione della costellazione del Sagittario, puntiamo lo sguardo verso il centro galattico, in cui c'è un'alta densità stellare e forse anche un gigantesco buco nero.*

## E' una questione di probabilità.

Possiamo fare delle congetture su quale sia la probabilità di avere un pianeta con temperature accettabili per ospitare la vita, un'atmosfera adeguata, una massa idonea, una giusta orbita attorno alla sua stella...e tanto, tanto altro ancora. Come si comportano queste singole probabilità? Due parole sul concetto di probabilità, per potere poi apprezzare le analisi successive.



Un evento può essere *certo*, *impossibile* oppure *possibile*. Se è impossibile, *ha probabilità zero*; ad esempio è impossibile che io vinca la lotteria senza acquistare nemmeno un biglietto. È invece certo che io non vincerò alcun premio se non acquisterò alcun biglietto; in tal caso la *probabilità sarà uno*. Se l'evento non è né impossibile né certo, la probabilità sarà compresa tra *zero e uno*. Ad esempio, qual è la probabilità di ottenere il numero quattro lanciando un dado? Qual è quindi la probabilità che esca la faccia con il 4 su un totale di sei facce? Sarà 1 su sei, cioè  $1/6 = 0,1666...$

E se volessi ottenere sempre lo stesso numero, ad esempio il 4, lanciando due dadi? Si potrebbe pensare che la probabilità totale sia  $1/6 + 1/6$ , cioè  $2/6$  e quindi  $1/3 = 0,333...$  Strano, è dunque più probabile che escano due quattro contemporaneamente che ne esca uno solo? C'è un errore, evidentemente. Infatti l'operazione che occorre utilizzare non è la somma, bensì la *moltiplicazione*. Ecco allora che la probabilità di ottenere due facce quattro nel lancio di due dadi sarà  $1/6$  moltiplicato  $1/6$ , cioè  $1/36 = 0,0277...$ , cioè il 2%...abbastanza poco. Come è logico pensare, è diminuita di molto. È su questi giochetti che prosperano le società di scommesse. Vedremo subito (ed anche più avanti) quali conseguenze comportano queste semplici considerazioni.

## L'equazione di Drake

Nulla di troppo difficile; utilizziamo le considerazioni svolte sulla probabilità. Potremmo associare ai singoli eventi già descritti (temperature adeguate, atmosfera idonea, orbita giusta, ecc. ecc.) tante probabilità a, b, c, ..., ciascuna rappresentata da un numero compreso tra zero e uno, essendo eventi possibili, per ipotesi. Per avere la probabilità complessiva sarà sufficiente moltiplicare tra loro tutte queste probabilità per ottenere alla fine la probabilità complessiva di avere un pianeta su cui si sviluppi e prosperi in qualche modo una vita intelligente. *Frank Drake*, un astrofisico statunitense, costruì un'equazione in cui comparivano vari fattori che descrivevano le varie probabilità degli eventi idonei a tale scopo. Il risultato forniva il numero N complessivo di civiltà intelligenti presenti nella nostra galassia. Applicando una formula simile, Isaac Asimov valutò in milioni le civiltà tecnologiche presenti nella nostra galassia. Ovviamente i vari fattori erano descritti con valori stimati. Ad esempio, nessuno conosce esattamente la probabilità di avere un pianeta con temperature simili a quelle terrestri; si può solo dare una stima, per forza di cose molto grossolana, dal momento che non abbiamo al momento attuale alcun dato sufficientemente attendibile in merito. L'equazione di Drake è quindi poco più che un esperimento mentale che ci permette di discutere l'argomento. Non andremo a trattare l'equazione, ma ragioneremo su alcuni dei fattori presenti, magari omettendone alcuni ed aggiungendone degli altri. Sarà poco più che un gioco. Non tratteremo comunque dei fattori inerenti allo sviluppo di una civiltà intelligente e delle sue possibili interazioni con noi. L'equazione di Drake era relativa ad un periodo in cui era forte il dibattito sulle civiltà extraterrestri, dibattito che appare ai nostri tempi molto affievolito, pressati come siamo da molti altri problemi inerenti alla sopravvivenza della nostra civiltà.

## Quali sistemi stellari possono ospitare la vita?

Sono centinaia di miliardi le stelle della nostra galassia. Ma sono tutte adatte per poter permettere ai loro eventuali pianeti di ospitare la vita? No, assolutamente. Le stelle sono suddivise in classi con iniziali *O, B, A, F, G, K, M* (per ricordarle si usa la frase "*Oh, be a fine girl kiss me*"). Le prime classi sono stelle molto calde e giovani e tendono ad esaurire la loro vita in tempi troppo brevi. La vita sulla Terra ha avuto la necessità di avere oltre quattro miliardi di anni di tempo per potersi evolvere.

Sembra proprio che questo periodo di quattro miliardi sia il minimo indispensabile per sviluppare la vita. Le stelle delle prime tre classi non hanno quindi un tempo di vita adatto, né la loro intensa radiazione ultravioletta permetterebbe la vita su un loro pianeta. Le stelle più adatte vanno da metà classe F fino a metà classe K, con temperature della stella nella parte esterna che vanno dai 7000 ai 4000 gradi circa. Il sole è una stella **G2** e si situa proprio in una posizione privilegiata, nella parte centrale di questo gruppo favorevole. La classe M vede stelle più piccole, meno calde che hanno poi la proprietà di avere eventuali pianeti in rotazione attorno ad esse bloccati in moto sincrono con la stella. Ciò comporta il fatto che il pianeta rivolga sempre lo stesso emisfero alla stella, un po' come fa la Terra con la Luna, che ci offre sempre la stessa faccia. Ciò non è per nulla una condizione favorevole alla vita. Le stelle di classe M sono le più numerose della Via Lattea, attorno al 75% del totale. Il numero di stelle adatte si riduce quindi in modo consistente, pur rimanendo sempre alto, ovviamente.

Ma c'è un'ulteriore limitazione. Le stelle adatte alla vita devono avere un'elevata **metallicità**, cioè contenere elementi pesanti (in astronomia gli elementi pesanti cominciano subito dopo l'idrogeno, l'elio e il litio). Questo perché la nebulosa da cui sono nate, assieme ai loro pianeti, deve già contenere gli elementi essenziali per la vita, in particolare carbonio, ossigeno, azoto, ma anche fosforo, zolfo ed altri ancora, oltre all'idrogeno, l'elemento più presente nell'universo. Questi elementi furono sintetizzati dalle stelle più antiche alla fine della loro vita, quando esplosero in una supernova. In questa esplosione disseminarono i loro elementi nella zona di universo in cui si trovavano. Il Sole e i suoi pianeti sono quindi composti da materiali espulsi da una supernova esplosa nella nostra zona dell'universo più di dieci miliardi di anni fa. Un pianeta privo di questi elementi non sarebbe adatto alla vita, meno che meno ad una civiltà intelligente che non potrebbe costruire una sua tecnologia senza l'utilizzo dei metalli propriamente detti.

### L'ecosfera della stella

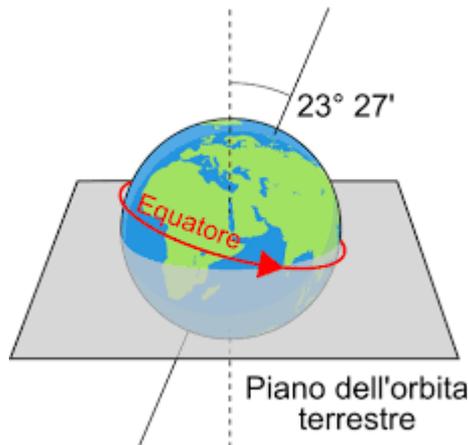
Individuate le stelle adatte al nostro scopo, tralasciando moltissime altre importanti considerazioni, dobbiamo introdurre il concetto di ecosfera di una stella. Questa si può definire la zona che circonda la stella in cui è possibile la presenza di acqua allo stato liquido. Al suo limite interno l'acqua tende a vaporizzare per il calore, al limite esterno l'acqua ghiaccia. L'ecosfera del sistema solare si estende tra le 0,95 e le 1,37 UA, dove per **UA** si intende la distanza Terra-Sole, circa 150 milioni di km. La Terra si trova proprio al posto giusto, ad 1 UA per definizione, mentre Venere è troppo vicina al Sole, a 0,72 UA, mentre Marte è troppo lontano, a 1,52 UA. Se la Terra non fosse nel posto giusto, io non sarei qui a scrivere queste righe, ovviamente. Questa frase banale si può considerare analoga a quello che i cosmologici utilizzano per enunciare il *principio antropico*: "L'universo deve avere quelle proprietà che permettono alla vita di svilupparsi al suo interno ad un certo punto della sua storia."

Oltre a quanto detto in precedenza, possiamo anche dire che l'ecosfera varia nel tempo, per fluttuazioni energetiche proprie delle stelle. La Terra ha avuto l'ulteriore fortuna di usufruire di un ecosfera stabile da 4,5 miliardi di anni ed ha quindi potuto iniziare a sviluppare le sue prime forme di vita elementari già da 3,8 miliardi di anni. L'ecosfera sembra stabile soprattutto per le stelle di classe G, che si conferma quindi la classe stellare favorita per la vita.

Non ci dilunghiamo troppo su altre importanti proprietà del sistema solare. Ricordiamo solo la presenza del pianeta gigante Giove in una posizione strategica. Con la sua enorme massa ha avuto e continua da avere un effetto stabilizzante sull'orbita del nostro pianeta e, osservazione non meno importante, ha attirato su di sé nel corso dei miliardi di anni oggetti di vario tipo, ad esempio le comete. Ha funzionato da aspirapolvere cosmica. Senza la sua presenza, probabilmente, la Terra avrebbe subito nel corso della sua esistenza troppi impatti, magari anche tali da metterne in dubbio la sua integrità. Non che non abbia attirato numerosi oggetti, come vedremo, ma quegli scontri sono stati evidentemente tali da non comprometterne troppo le sue caratteristiche, anzi. Probabilmente l'acqua degli oceani fu portata da comete nei tempi primordiali della nascita del sistema solare. Torneremo comunque a breve sull'argomento, dopo aver ricordato altri due importanti vantaggi del nostro pianeta: l'**inclinazione** rispetto al piano dell'orbita e il **periodo della sua rotazione**. Una giusta inclinazione consente l'avvicinarsi delle stagioni e una dinamicità atmosferica che favorisce gli scambi termici tra le latitudini. Se l'asse fosse più inclinato le stagioni invernali alle alte latitudini renderebbero forse impraticabile la vita a quelle latitudini; la notte polare durerebbe di più e interesserebbe non solo le terre oltre il circolo polare artico. Viceversa, in estate le calotte polari si scioglierebbero interamente. Se invece l'asse fosse poco inclinato sarebbero forse inibiti gli scambi termici tra le latitudini e il tempo atmosferico sarebbe probabilmente bloccato in fasi troppo statiche, creando le premesse per siccità insopportabili o piogge disastrose.

Inutile osservare infine che un tempo di rotazione di 24 ore produce un'importante alternanza tra riscaldamento e raffreddamento. Un tempo maggiore produrrebbe aumenti esagerati delle temperature estive diurne anche alle medie latitudini, a causa della maggiore durata del giorno; analogamente una

notte invernale molto più lunga produrrebbe raffreddamenti non adatti a mantenere la vita come noi la conosciamo.



Ci sono molte altre proprietà di un pianeta che potrebbero fortemente influenzare la vita ed il suo sviluppo, ad esempio la forza di gravità, legata alla sua massa ed alle sue dimensioni. Se la Terra avesse una gravità doppia o più, oggetti e animali peserebbero il doppio e oltre. Le ossa del loro scheletro sarebbero sottoposte a stress notevoli. L'evoluzione avrebbe quindi portato ad animali dallo scheletro più robusto e dalle masse complessive necessariamente più contenute. Sarebbe difficile l'esistenza di un elefante. Gli uccelli avrebbero ali molto più grandi per poter volare, ammesso che l'evoluzione avesse loro permesso di spiccare il volo. Al contrario, una gravità dimezzata, o ancora di più, come sulla Luna dove è un sesto di quella terrestre, avrebbe prodotto animali e vegetali più grandi, con scheletri più snelli. Gli uccelli volerebbero con grande facilità, dotati di piccole ali. Una civiltà tecnologia su un tale pianeta sarebbe favorita nell'esplorazione spaziale: è molto meno costoso lanciare verso lo spazio un satellite dalla Luna che dalla Terra.

In queste poche considerazioni abbiamo già messo in rilievo varie coincidenze che hanno permesso alla Terra di essere quello che è. Ne analizzeremo altre a breve. A questo punto potremmo però già essere d'accordo con il premio Nobel della medicina *C. de Duve*: "lo considero questo universo non come uno scherzo cosmico, bensì come un'entità dotata di significato, fatta in modo tale da generare la vita e la mente" o anche con il fisico teorico *F. Dyson*: "l'Universo doveva già sapere che saremmo arrivati. Nelle leggi della fisica vi sono coincidenze numeriche che paiono essere accordate tra loro per rendere l'Universo abitabile". In stridente alternativa, potrebbe però essere vero quanto detto da un altro premio Nobel per la medicina, *J. Monod*: "L'antica alleanza è infranta; l'uomo finalmente sa di essere Solo nell'immensità indifferente dell'universo da cui è emerso per caso". A voi la scelta, ma aspettate di leggere il seguito.

### **Si deve imbottigliare e seminare con la Luna crescente o calante?**

Qualsiasi agricoltore o imbottigliatore in proprio di vino inorridirà se si esprimesse un parere scettico sull'argomento. Ma non esiste alcun serio argomento scientifico per affermare che le fasi della Luna abbiano un qualche effetto sulle attività umane. Quindi la Luna è solo un bel satellite, utile solo per ispirare i poeti, per produrre coreografiche maree (quelle sì hanno effetti importanti che vedremo) e per rischiarare le notti serene? Non proprio, anzi. Si ritiene che la Luna sia stata essenziale o addirittura indispensabile per favorire l'insorgere e il proliferare della vita sulla Terra. Gli altri pianeti del sistema solare possiedono decine e decine di satelliti, alcuni più grandi della Luna. Ma la Luna è un caso del tutto speciale. E' un satellite che ha dimensioni, pur essendo più piccola, confrontabili con quello del pianeta attorno al quale orbita. I satelliti degli altri pianeti sono sempre molto piccoli se comparati con gli astri attorno ai quali girano. In alcuni casi, ad esempio Marte, i suoi due pianeti, Phobos e Deimos, sono poco



più che dei “sassi”. Mercurio e Venere, gli altri due pianeti rocciosi del sistema solare oltre alla Terra e a Marte, non ne possiedono proprio. Più che un sistema pianeta-satellite, il sistema Terra-Luna si può quindi definire un “*pianeta doppio*”, caso che potrebbe essere piuttosto raro nell’Universo.

Ma come è riuscita la Terra ad avere un piccolo pianeta orbitante attorno ad essa? Attualmente la teoria più accreditata sull’origine della Luna è che essa sia frutto di un immane impatto di un asteroide con il nostro pianeta quando la Terra era molto giovane. Nello scontro grandi quantità di materiali rocciosi terrestri fusi a causa dell’intenso calore sviluppato sarebbero stati proiettati verso lo spazio. Le forze di gravità avrebbero poi catturato il nuovo astro, che andava raffreddandosi, nel campo gravitazionale terrestre. Nel sistema solare in formazione dovettero essere molto frequenti impatti simili di oggetti con pianeti in formazione. Ma molte altre considerazioni ed anche elaborazioni al computer sembrano assegnare all’evento formazione Terra-Luna probabilità molto basse. Insomma, un sistema del tipo Terra-Luna potrebbe essere raro nell’Universo.

Ma perché la Luna è così importante per la Terra? Per varie ragioni. La più immediata è che le maree che la Luna produce sul nostro pianeta hanno prodotto un ambiente, quello a cavallo tra terra e mare, molto adatto alla formazione della vita. E’ possibile che la vita sia proprio nata in quella striscia particolare, anche se altre teorie individuano in ambienti più particolari la culla della vita, come vedremo in seguito. Si può peraltro pensare che anche le maree solari avrebbero però potuto produrre lo stesso effetto, pur essendo più deboli. Le maree dipendono infatti dalla distanza. Il consistente effetto mareale della Luna avrebbe comunque causato un effetto ancora più interessante sulla crosta terrestre, favorendo il vulcanesimo che con le sue emissioni ha costruito l’atmosfera terrestre, essenziale per la vita.

Ma forse il vantaggio più importante è stato l’effetto della Luna sull’obliquità dell’asse terrestre, di cui abbiamo già parlato. Nell’impatto asteroide-Terra che ha originato la Luna, si potrebbe essere prodotto l’angolo caratteristico dell’obliquità terrestre, così importante. Ma, ancora di più, la Luna ha le dimensioni giuste per stabilizzare l’asse terrestre che varia di poco più di un grado nel corso di un periodo di 41.000 anni. La mancanza di un effetto stabilizzante potrebbe produrre, come succede su altri pianeti, oscillazioni molto grandi se non vere e propri effetti trottola fuori controllo, con risultati disastrosi sul clima.

### **Una breve digressione geologica - Tettonica a zolle**

E’ la teoria che considera la Terra costituita da una ventina di placche in movimento incessante, favorito dalle correnti convettive che portano alla superficie della Terra il calore del centro del pianeta. Tale teoria presenta molti punti oscuri. Non conosciamo infatti che in via indiretta le caratteristiche interne del nostro pianeta. E’ possibile che la tettonica a zolle sia stata indotta dall’urto che ha creato la Luna. In tal caso sarebbe una situazione rara nel panorama dei pianeti. In che modo la tettonica a zolle può avere favorito la vita? La tettonica a zolle sembra sia responsabile del forte campo magnetico terrestre, che è molto importante per proteggere la Terra dalle particelle che compongono il vento solare. In sua assenza il vento solare potrebbe avere un effetto disperdente sull’atmosfera e senza atmosfera non ci sarebbe vita. Inoltre la tettonica a zolle sembra avere un forte potere di regolazione sul clima, con un meccanismo molto complesso di stabilizzazione della temperatura che è noto solo in parte.

Infine la tettonica a zolle svolge un importante ruolo nella diversificazione delle specie. Se una porzione di terra si stacca dal continente, gli animali in essa presenti si troveranno a vivere in un ambiente che cambierà nel corso dei secoli. Si avrà quindi un’evoluzione diversa da quelli rimasti nel continente. La tettonica a zolle favorisce quindi la diversità biologica, requisito molto importante perché la vita si perpetui. Meglio avere molte specie a disposizione perché l’estinzione è sempre in agguato.

### **L’universo è un luogo tranquillo?**

Guardando in una notte serena un tranquillo cielo stellato ci si può fare l’idea che l’universo sia un luogo tranquillo, in cui nulla cambia: i pianeti danzano maestosamente attorno alle loro stelle, le stelle sembrano eterne, le galassie ruotano attorno al loro centro con tempi di milioni di anni. Ma è un’idea errata. L’universo è un luogo pericoloso, spesso violento. Non ne abbiamo la percezione solo perché le distanze sono immani e i tempi straordinariamente lunghi. Citiamo solo uno dei tanti pericoli che potrebbero venire dallo spazio: lo *scoppio di una supernova* nelle vicinanze della nostro pianeta, diciamo in una sfera di una trentina di anni-luce. Nessuno sa quale sarebbe l’effetto di una simile esplosione, ma la radiazione che giungerebbe sulla Terra potrebbe anche uccidere la maggior parte delle forme di vita. E di supernovae ne esplodono in media due per ogni secolo nella nostra galassia. Fortunatamente 30 anni-luce sono ben pochi rispetto ai 100.000 anni luce di diametro della galassia e quindi la probabilità di una

esplosione di una supernova nelle “vicinanze” del sistema solare è molto bassa.

La Terra può essere un luogo pericoloso e non solo per le alluvioni, i terremoti, le eruzioni vulcaniche, gli uragani. Può succedere ben di peggio. Nel corso della sua storia la Terra è stata colpita più volte da **meteoriti**; lo è anche tutti i giorni, ma fortunatamente sono oggetti di piccole dimensioni, che spesso bruciano completamente nell’atmosfera e non giungono neanche al suolo. Si stima però che meteoriti di diametro sui 20 km raggiungano la Terra ogni qualche centinaio di milioni di anni, provocando immani distruzioni ed estinzioni di massa di organismi viventi.

Altro pericolo è legato ad eventi chiamati “**palla di neve**”. In seguito a drastiche variazioni climatiche, la Terra può essersi ricoperta di neve in vaste porzioni di continenti (anche forti eruzioni vulcaniche con le loro polveri potrebbero aver innescato degli inverni permanenti per oscuramento del Sole). Se il meccanismo parte, può diventare incontrollato: la luce solare viene sempre più riflessa dalle superfici ghiacciate e si innesca pertanto un meccanismo di raffreddamento sempre più intenso che porta l’intero pianeta ad essere una enorme palla di ghiaccio. E’ un effetto da non confondere con le glaciazioni anche recenti, eventi molto meno drammatici (l’ultima si concluse circa ventimila anni fa). L’effetto “palla di neve” è molto più intenso; sembra che quattro eventi del genere possano essere avvenuti nell’ultimo miliardo di anni, con effetti disastrosi sulla vita del pianeta. Un intenso vulcanesimo potrebbe avere fatto uscire la Terra dalla condizione di “palla di neve”. Grandi emissioni di anidride carbonica avrebbero provocato intensi effetti serra, con il risultato di sciogliere i ghiacci anche in tempi relativamente brevi.

Il risultato di impatti meteorici e di episodi “palla di neve” portò probabilmente ad estinzioni di massa di molte specie animali e vegetali. Da osservare comunque che, mentre sugli impatti meteorici distruttivi non si hanno molti dubbi, sugli eventi “palla di neve” gli scienziati sono divisi. Anche controversa è la possibilità che scoppi di supernovae abbiano provocato estinzioni di massa. Il ritrovamento futuro di particolari isotopi di alcuni elementi, non presenti sulla Terra, ma indotti da esplosioni di supernovae, potrebbe confermare estinzioni se ritrovati su livelli stratigrafici che separano temporalmente alcune ere geologiche, linee di separazione già associate a periodi di estinzioni di massa.

## Estinzioni di massa

Negli ultimi 500 milioni di anni, la vita sul pianeta ha subito circa una decina di estinzioni di massa. Qualcuno si spinge a dire che, visti i numerosi pericoli, nei sistemi planetari è inevitabile che esistano estinzioni di massa nell’arco dei miliardi di anni. Addirittura, portando all’estremo il ragionamento, si potrebbe dire che a causa di quei fenomeni la vita intelligente in molti luoghi dell’universo non ha potuto svilupparsi, o civiltà intelligenti sono state addirittura azzerate.

L’estinzione più famosa, ormai confermata da molte osservazioni, risale a **65 milioni di anni fa**, quando si ritiene che un meteorite di grosse dimensioni impattò sulla Terra, probabilmente nella penisola dello Yucatan, in Messico, dove ci sono evidenze di un gigantesco cratere di 200 km di diametro. Numerose rilevazioni datano a quel periodo la presenza di giganteschi incendi, probabile conseguenza di quell’evento. Si ritiene che numerose specie animali e vegetali scomparvero a causa di conseguenze dirette o indirette di quell’impatto. Forse esso provocò un inverno prolungato negli anni, dovuto alle polveri sollevate o ad altre cause sconosciute. In ogni caso quel momento segna la scomparsa della specie regina di quell’epoca: i dinosauri. Se quell’evento non fosse accaduto, probabilmente i dinosauri regnerebbero incontrastati sul pianeta ed i mammiferi dovrebbero accontentarsi di un posto secondario nel mondo animale, una nicchia in cui la vita sarebbe anche pericolosa. E’ fantascienza, ma neanche poi tanto, affermare che i dinosauri si potrebbero essere evoluti fino a sviluppare un’intelligenza in grado di creare una civiltà. Qualche milione di anni prima del periodo dell’estinzione di massa, si era infatti evoluto un dinosauro di non grandi dimensioni, con un cervello piuttosto ampio ed altre caratteristiche che lo potevano far considerare un candidato ideale per un’evoluzione verso una specie molto diversa da tutte le altre.



È possibile che le estinzioni di massa abbiano minacciato anche la nostra specie, l' homo sapiens. Approfondite analisi indicano che gli esseri umani sono geneticamente tutti molto simili. Per spiegare questa mancanza di diversità genetica, si è suggerito che circa settantamila anni fa la popolazione umana sia drasticamente calata ed abbia rischiato di estinguersi. Si parla di eventi a "collo di bottiglia". L'eruzione di un supervulcano nell'isola di Sumatra avrebbe potuto esserne la causa; avrebbe provocato sconvolgimenti climatici da cui una civiltà non tecnologica non avrebbe avuto la possibilità di ripararsi per salvare tutti i suoi componenti. Si pensa che solo poche migliaia di individui possano essere sopravvissuti a quella catastrofe. Ovviamente sono solamente delle ipotesi.

### **Le estinzioni di massa possono aiutare la vita?**

Sembrerebbe decisamente di no. Ma ad un esame più attento si possono fare alcune interessanti valutazioni. Per lottare contro le estinzioni di massa la natura può puntare su una vita elementare; è quello che fa. Da miliardi di anni gli esseri unicellulari prosperano. Per quelli pluricellulari e per le forme evolute di vita, l'arma vincente è la diversificazione. In caso di eventi avversi, la varietà di specie può essere molto utile per la sopravvivenza; almeno qualche specie potrà salvarsi. Qualche scienziato si spinge oltre: sono gli sconvolgimenti planetari che rendono possibile l'evolversi della vita in forme sempre più evolute. I pianeti privi di episodi di estinzione potrebbero non essere del tutto adatti a sviluppare civiltà evolute.

### **A quando la prossima estinzione di massa?**

Purtroppo la risposta è pessima...a molto presto, anzi ci siamo già dentro. Nessun asteroide, nessuna glaciazione imminente, nessun supervulcano, nessuna supernova, nessuno GRB (misteriosi lampi di raggi gamma ad alta energia). La causa siamo noi, la specie di gran lunga più predatoria e litigiosa ospitata dalla Terra. In diecimila anni o poco più di civiltà abbiamo già causato l'estinzione di decine di migliaia di specie vegetali ed animali. Forse la risposta al quesito di Fermi è molto semplice: non vediamo civiltà aliene attorno a noi perché una civiltà intelligente è intrinsecamente destinata all'autodistruzione nel giro di poche centinaia di anni da quando acquista una sufficiente capacità di modificare il pianeta in cui si è sviluppata. Può estinguersi prima che il suo livello di tecnologia le permetta di salvaguardare in modo adeguato il mondo in cui vive. In tal modo non riuscirà neppure ad arrivare ad intraprendere viaggi interstellari di lunghissima durata con stazioni orbitanti autonome e quindi a rivelare la sua presenza ad altre civiltà.

Sono ovviamente ipotesi che peccano di ragionamenti troppo basati sull'esperienza della nostra civiltà. Chissà invece quali potrebbero essere i comportamenti, le aspirazioni, gli obiettivi di una civiltà aliena.

### **Conclusioni parziali**

Nello scorso secolo, attorno agli anni cinquanta, ci fu un periodo di grande interesse per le civiltà aliene. Si parlava molto spesso di marziani, anche sull'onda del presunto episodio di *Roswell*, negli Stati Uniti, in cui gli ufologi avevano individuato una caduta di un'astronave aliena con la conseguente cattura dell'equipaggio alieno. Divenne famosa l'Area 51, una zona militare segreta nel Nevada, in cui si presumeva fossero stati portati gli extraterrestri ed i resti dell'astronave. Episodio su cui è lecito avanzare infiniti dubbi, mai confermato dalle autorità. Io penso che un fatto così eclatante, se reale, non potrebbe essere rimasto nascosto a lungo. In qualsiasi organizzazione c'è sempre qualcuno che prima o poi spiffera la verità. Un po' come la conquista della Luna, messa in discussione da molti. Migliaia furono le persone coinvolte in quella impresa. Sicuramente se fosse stata solo una messa in scena, qualcuno lo avrebbe rivelato, prima o poi.

Gli anni cinquanta furono un periodo d'oro per la fantascienza, rinforzato successivamente dalla entusiasmante epopea che portò l'uomo sulla Luna alla fine degli anni sessanta. Al passare degli anni, e dei decenni, questa passione per lo spazio e per gli studi ufologici si affievolì progressivamente; attualmente gli avvistamenti di UFO, sempre frequenti, quasi tutti smentiti, non fanno più una grande notizia. Ne resta solo una piccola percentuale che non ha una spiegazione immediata.

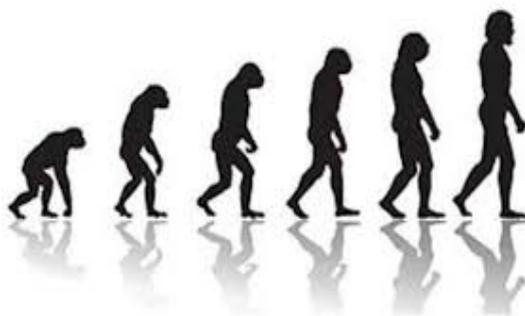
Anch'io mi interessai per un certo periodo di quelle questioni, sempre con grande scetticismo, ma sicuramente con molta speranza e con una certa convinzione per la presenza di vita nell'universo ed anche di civiltà intelligenti. Una decina di anni fa scrissi anche un romanzetto poco originale raccontando la storia di un contatto con una civiltà aliena, anche sulla scorta di *Contact*, film sicuramente accattivante anche se poco verosimile come non può essere altrimenti quando si tratta di questi argomenti.



Lecture successive hanno messo in forte discussione le mie speranze. Tutto quanto avete letto in precedenza sembra proprio deporre per una Terra che ha avuto una serie di condizioni assolutamente rare, per quel poco che ne sappiamo degli altri sistemi planetari. Ma si può sempre obiettare che una volta è successo nell'Universo ed è capitato a noi. Perché dunque non potrebbe succedere un'altra volta o molte altre volte?

### **Voltiamo pagina**

Fino a qui vi ho intrattenuto su considerazioni principalmente astronomiche. In tale disciplina qualche vaga idea sono in grado di metterla nero su bianco, con una fortuna comunque da dimostrare. Ma lascerei ora quella scienza e mi andrei a cacciare, con molta incoscienza, in un'altra, con la consapevolezza che farò sicuramente dei danni. Su di essa ho pochi studi alle spalle e qualche lettura sporadica di cui poco ho capito e ancora meno mi è rimasto. Ma il fascino che tutta la storia della vita animale e vegetale sulla Terra esercita è forte. Per non parlare poi della vicenda che ha portato la nostra specie a passare dagli australopitechi alla specie *Homo sapiens sapiens*, per chi ritiene che la teoria evoluzionista sia quella giusta.



Altre teorie o altre convinzioni basate sulla religione non possono essere contemplate in questo contesto, anche se non si esprime alcun valore di merito o demerito in proposito. Faccio mio quanto disse un compianto cosmologo dell'Università di Padova che, durante una lezione, disse che avrebbe potuto dire la sua idea in merito all'esistenza di Dio solamente durante una serata con amici, davanti ad un bicchiere di vino. Mai e poi mai si sarebbe permesso di farlo da una cattedra universitaria, luogo in cui si deve diffondere una verità scientifica e non proprie convinzioni personali, che poco hanno a che fare con il metodo scientifico.

### **La parola alla biologia**

Partiamo dalla fine, con l'analisi del prof. *Galletta* dell'Università di Padova: “*Non abbiamo alcun modo per stimare quale sia la probabilità della nascita della vita dopo la formazione di un pianeta con acqua liquida*”. Si ritiene ovviamente che l'acqua sia una sostanza insostituibile per lo sviluppo della vita, almeno come la intendiamo noi sul nostro pianeta. Analogamente “*Non abbiamo alcun elemento per credere che lo sviluppo di una vita intelligente sia un prodotto inevitabile dell'evoluzione biologica; né possiamo essere sicuri che il nascere di una civiltà intelligente sia invece un evento assolutamente straordinario*”. Ciononostante siamo in possesso di molte conoscenze sui processi relativi alla vita.

La maggioranza della comunità scientifica è concorde nel ritenere che le prime e le più semplici forme di vita dovessero essere legate a tre tipi di molecole: gli **acidi nucleici** (legati alla funzione replicativa), le **proteine** (legate alla capacità di promuovere le reazioni chimiche), le **molecole lipidiche**

(che costituiscono le membrane in grado di evitare la dispersione delle sostanze prodotte nell'ambiente, tipicamente l'acqua). Queste molecole lavorano contemporaneamente per permettere il metabolismo, la riproduzione della cellula e la protezione di questi processi dall'ambiente esterno. Scoprire l'origine di queste sostanze significa risolvere il problema dell'enigma della nascita della vita sulla Terra (e complessivamente nel cosmo). Nasce subito il primo problema, simile a quello dell'uovo e della gallina: quale molecola è sorta prima? Infatti la creazione degli acidi nucleici (RNA, DNA) è favorita da particolari proteine (gli enzimi), che solo a loro volta prodotte dagli acidi nucleici. All'alba della vita, in condizioni del tutto diverse di quelle attuali (3,8 miliardi di anni fa), **queste sostanze sono state sintetizzate contemporaneamente da una chimica spontanea per iniziare un processo che ha portato alla costruzione della vita, utilizzando elementi e composti presenti nella Terra primordiale e in tutto l'Universo?** È questa la domanda principale, che non ha per ora una risposta univoca. Centinaia di studi in merito non sono riusciti a discriminare sufficientemente il problema. Si parla dell'anello mancante, cioè quell'evento che porta da molecole di varia natura a molecole adatte a supportare la vita. La linea di pensiero prevalente è quella che considera possibile quella transizione, basta solo darle un tempo sufficientemente lungo (miliardi di anni).

Lo sviluppo di modelli, ciascuno legato ai tre diversi tipi di molecole descritte, porta ad ipotizzare diverse origini della vita. Tali modelli sono detti rispettivamente a RNA, a coacervati, a liposomi. Il primo è quello che riscuote la maggioranza dei consensi, ma future conoscenze potrebbero portare ad una sua messa in discussione.

Ma esiste un altro problema, ancora più affascinante: la vita ha costruito una struttura molto selettiva, basata su poche regole arbitrarie, che si sono trasmesse invariate dai primi organismi fino alle specie attuali. Elenchiamole:

- le proteine biologiche contengono **solo 20 amminoacidi**. Nei meteoriti che giungono dallo spazio e nella Terra stessa esistono molti altri amminoacidi che non intervengono però nella costruzione delle forme viventi;
- gli **zuccheri** coinvolti nella creazione degli acidi nucleici devono avere cinque atomi di carbonio nella loro formula;
- tutte le molecole che costituiscono gli acidi nucleici e le proteine hanno una spiccata "**chiralità levogira**". Come le mani che pur essendo uguali, non si possono sovrapporre e che distinguiamo quindi in sinistra e destra, così le molecole, pur essendo le stesse, possono essere "sinistre" o "destre". La vita è costruita sulle "sinistre". E questo è un mistero assoluto. Si sono addirittura considerati come responsabili i raggi cosmici ad alta energia che avrebbero avuto un effetto di polarizzazione e privilegiato quindi le molecole levogire;
- tutte e tre le molecole sono costituite essenzialmente di cinque elementi chimici, in sintesi **PONCH**: fosforo (P), ossigeno (O), azoto (N), carbonio (C), idrogeno (H). Nessuna sorpresa per gli ultimi quattro, elementi molto comuni nella Galassia. Il fosforo è invece elemento relativamente raro; esso è coinvolto negli scambi di energia nelle reazioni biochimiche.

Queste regole dovrebbero essere giustificate da un unico modello che spiegasse l'origine della vita, modello che non possediamo. Ma potrebbe esserci una spiegazione molto semplice: il "precursore unico". Il primo organismo vivente comparso sulla Terra, chiamato **LUCA** (Last Universal Common Ancestor, l'ultimo progenitore comune), avrebbe potuto contenere tutte quelle caratteristiche descritte, forse in virtù del caso o di qualche altra ragione a noi del tutto sconosciuta. Come dice il prof. Galletta: "**Tutta la sua progenie, evoluta poi nelle attuali specie viventi, avrebbe così ereditato l'uso di venti amminoacidi prevalentemente levogiri, cinque basi contenente fosforo e tutti i meccanismi essenziali alla vita.**"

L'ipotesi di LUCA comporta necessariamente una conseguenza importante. Se nel cosmo la vita è sorta a partire presumibilmente dagli stessi elementi, il caso non avrà prodotto forme di vita basate su altre regole in altri mondi? Quanti LUCA potrebbero essere esistiti nell'universo? Quante particolari forme di vita potremmo quindi trovare nell'universo, del tutto diverse da quelle che conosciamo sul nostro pianeta?

### **La Terra ha fatto tutto da sola?**

La Terra avrebbe potuto solo essere la culla della vita, ma non averla originata. E' l'ipotesi della **Panspermia**. Sappiamo che sostanze simili a quelle necessarie alla vita sono presenti nelle nubi interstellari da cui si formano stelle e pianeti. Tali sostanze potrebbero essere state presenti nella zone più fredde del disco protoplanetario da cui si sono originati i pianeti. Una Terra appena nata, incandescente, bombardata continuamente da meteoriti, non sarebbe stato un posto ideale per la vita.

Ma, una volta raffreddata sufficientemente, 3,8 miliardi di anni fa, comete avrebbero potuto portare acqua e sostanze prebiotiche sul nostro pianeta. Tale ipotesi è avvalorata dal ritrovamento su particolari meteoriti (le condriti carbonacee) di molte di quelle sostanze descritte precedentemente. In particolare, il meteorite ALH 84001 proveniente da Marte, sembra contenere testimonianze di vita fossile, anche se taluni le fanno derivare da contaminazioni terrestri. La presenza di antica vita su un Marte giovane, ricco di acque come probabilmente fu, apre nuovi scenari sulla vita terrestre. Impatti meteorici sulla sua superficie avrebbero potuto indirizzare i suoi frammenti verso un viaggio con destinazione la Terra, disperdendo in essa i semi della vita.



L'ipotesi della Panspermia risolve il problema della cronologia dei tre costituenti la vita: la Terra li avrebbe potuti ricevere contemporaneamente tutti e tre pronti dallo spazio. Evidentemente il problema si risolve per la Terra, ma si sposta nello spazio. Con la Panspermia si allarga di molto la possibilità di trovare la vita in molti altri sistemi planetari.

L'alternativa alla Panspermia prevede che la vita si sia originata sulla Terra, magari in ambienti estremi, come sorgenti termali sottomarine e non tiepide pozze d'acqua superficiali al confine tra terre e mari. In quei tempi remoti, 3,8 miliardi di anni fa, il bombardamento meteorico produceva una Terra molto calda. Inoltre la mancanza di ozono avrebbe permesso ai raggi solari ultravioletti di sterilizzare l'intera superficie del pianeta. Solo un ambiente protetto avrebbe permesso la nascita della vita.

Con la fantasia poi si possono pensare molti altri scenari, ottimi soggetti per film di fantascienza, ciascuno comunque con una sua coerenza. Ne citiamo uno solo: noi potremmo essere un esperimento biologico dovuto ad una civiltà molto più evoluta presente da qualche parte nella nostra Via Lattea. Quegli alieni avrebbero scovato in tempi antichissimi la nostra Terra, da poco formata. Poiché l'universo ha 13,8 miliardi di anni, nulla vieta di pensare ad una civiltà molto più vecchia della nostra, anche se i tempi di formazione di stelle idonee ad ospitare sistemi planetari adeguati non sembrano coerenti con civiltà vecchie addirittura di qualche miliardo di anni (si stima che lo sviluppo della vita basata sul carbonio abbia richiesto un universo vecchio di almeno 6 miliardi di anni). Ebbene, visto che la Terra sembrava un pianeta interessante, posto alla giusta distanza dalla sua stella, quegli alieni avrebbero pensato ad un interessante esperimento: ricreare le condizioni per una nuova vita planetaria. Se esistesse ancora quella antichissima civiltà, saremmo ancora sotto la loro tutela. Più probabilmente, si sarà già estinta. Evidentemente, ciascuno può pensare a teorie più o meno incredibili o strampalate, con unico limite quello imposto dalla sua fantasia. E' non è facile creare situazioni che abbiamo almeno una minima giustificazione con i dettami della scienza. Non è certamente da Venere, dalla presunta civiltà venusiana a cui qualche buontempone crede, che potremmo essere arrivati. Venere è un pianeta inospitale, con temperature e pressioni altissime. Ne riparleremo tra un paio di miliardi di anni, quando potrebbe assomigliare un po' di più alla Terra, anche se al di fuori dell'ecosfera compatibile...magari con un Sole più pigro, avviato verso la fine della sua vita. La sequenza cronologica della vita nel sistema solare allora potrebbe essere stata e diventare in futuro Marte...Terra...Venere.

### **Dall'australopiteco all'homo sapiens.**

Concludiamo questa rassegna sulla vita sulla Terra con una descrizione dei passaggi evolutivi che hanno portato la nostra specie al giorno d'oggi. Riassumiamo gli eventi fino alla comparsa degli ominidi, con una rassegna molto incompleta.

- Nascita della Terra; 4,5 miliardi di anni fa
- Procarioti, prime tracce di vita: 3,8 miliardi di anni
- Inizio della creazione dell'attuale atmosfera: 2,5 miliardi di anni
- Organismi con nucleo cellulare racchiuso da membrana: 1,4 miliardi di anni
- Prime tracce di organismi pluricellulari: 1 miliardo di anni
- Inizia a prodursi una notevole quantità di ossigeno nell'atmosfera: 850 milioni di anni

- Tracce di vita di vermi, di alghe e di spugne: 600 milioni di anni
- Esplosione della vita, soprattutto nei mari: 540 milioni di anni
- Comparsa di primi vertebrati: 500 milioni di anni
- Grande glaciazione con estinzione di molte specie: 460 milioni di anni
- Primi pesci: 420 milioni di anni
- Diffusione delle felci: 400 milioni di anni
- Appaiono i primi antenati dei moderni anfibi, rettili, uccelli e mammiferi: 385 milioni di anni
- Compare una flora di grandi dimensioni, non più presente oggi: 360 milioni di anni
- Compaiono gli antenati dei dinosauri: 300 milioni di anni
- Grande glaciazione, sopravvive solo il 5% della fauna marina; compaiono le conifere: 260 milioni di anni
- Comparsa dei cinodonti, primi antenati dei moderni mammiferi: 250 milioni di anni
- La Pangea, il grande continente, comincia a frammentarsi: 230 milioni di anni
- Il clima si riscalda, favorendo le giungle; compaiono i primi dinosauri: 200 milioni di anni
- Era dei dinosauri, i mammiferi sono di piccole dimensioni e costituiscono una nicchia della vita: 100 milioni di anni
- Estinzione dei dinosauri: 65 milioni di anni
- Comparsa degli antenati dei cavalli, degli elefanti e dei moderni primati: 60 milioni di anni
- Gli oceani sono a livelli molto bassi, favorendo ponti tra i continenti e la migrazione tra America e Asia e viceversa. Prime scimmie: 34 milioni di anni
- Maggior parte dei mammiferi moderni: 5 milioni di anni.

L'uomo attuale, *Homo sapiens sapiens* si classifica in questo modo:

- Ordine: Primates
- Sottordine: Anthroidea
- Superfamiglia: Hominoidea
- Famiglia: Hominidae
- Genere: Homo
- Specie: sapiens
- Sottospecie: sapiens

I più antichi primati risalgono a circa 60 milioni di anni fa, nel Paleocene (circa 65 - 54 milioni di anni fa). La loro evoluzione fu fortemente influenzata dalla tettonica a placche che permise loro di spostarsi tra i continenti. Tra i 54 e i 37 milioni di anni fa (Eocene), le forme arcaiche di primati furono rimpiazzate da forme più moderne. Nel Miocene (circa dai 26 ai 5 milioni di anni fa) nell'Africa orientale è avvenuta la prima diffusione documentata dei primati ominoidi, i membri della superfamiglia che include scimmie antropomorfe e uomini. Tra questi primati ce n'era uno piccolo, detto Proconsul, che mangiava frutti e viveva sugli alberi. Nonostante avesse alcune caratteristiche molto diverse dagli ominoidi successivi, si ritiene che potrebbe rappresentare il tipo di ominoide che, in seguito, si sarebbe evoluto nella linea che ha portato all'uomo.

Negli strati relativi al Miocene sono numerosi i ritrovamenti fossili di ominoidi, ai quali si sono associati vari nomi. Ricordiamo il Ramapithecus (dagli 11 ai 7 milioni di anni fa), che è l'ominide più antico e quindi forse il nostro più diretto antenato. Purtroppo esiste un momento temporale particolarmente cruciale nello sviluppo della ominazione: la fine del Miocene ed il passaggio al Pliocene, tra gli otto e i cinque milioni di anni fa. Quel periodo viene detto "buco nero dei fossili". Particolari condizioni ambientali, non meglio identificate, hanno impedito la fossilizzazione degli animali, di cui non si trova traccia. Purtroppo è proprio in quel periodo che avviene la separazione evolutiva tra gli ominoidi e gli ominidi, tra le scimmie e gli uomini.

Ai primordi della nostra storia di ominidi, la diversificazione avvenne a partire dai piedi più che dal cervello. La conquista della stazione eretta sembra proprio la particolarità che ha consentito ai nostri antenati di intraprendere un'eccezionale storia evolutiva. Data la grande concentrazione di foreste in Africa (che si ritiene il luogo privilegiato per la nascita degli ominidi), fino a circa 20 milioni di anni fa, i primati vivevano prevalentemente sugli alberi, in cui trovavano cibo abbondante (frutta, semi, insetti) e protezione. Solo alcuni di loro erano in grado di vivere anche al suolo, come bipedi. Ma proprio attorno ai 20 milioni di anni l'inaridimento del clima produsse una frammentazione della giungla, costringendo alcuni primati a vivere nella savana, territorio in cui la stazione eretta è favorita. Anatomicamente, questa stazione ha poi la caratteristica di sopportare un peso maggiore della testa (e del cervello) rispetto ai quadrupedi. Da qui una semplice conclusione: la conquista della stazione eretta è stato l'evento cruciale che ha permesso lo sviluppo dell'ominazione.

Ambiente privilegiato di questo processo si ritiene sia stato l’Africa orientale ed il Sud Africa. Da molti suoi siti sono stati estratti un migliaio di fossili certamente bipedi databili a oltre i 4 milioni di anni. A quel periodo risale il ritrovamento in Sud Africa dell’*Australopithecus ramidus* (detta scimmia del sud), genere che precede, e affianca in seguito, il genere Homo.



Il primo protagonista della nostra famiglia sembra comunque essere un Australopiteco successivo, detto afarensis. Ad esso appartiene lo scheletro di una donna vissuta 3,5 milioni di anni fa, Lucy, dal comportamento prevalentemente arboricolo, ma sicuramente anche bipede. Lucy contiene in sé tratti scimmieschi e tratti più umani. Un passo verso l’ominazione si trova poi nel successivo *Australopithecus africanus*, dal corpo gracile, ma che probabilmente inizia ad utilizzare degli strumenti.

In realtà la storia degli Australopitechi è molto complessa e scarsamente definita. Vari ritrovamenti fossili in tutta l’Africa ne suddividono il genere in molte declinazioni, dalle caratteristiche fisiche diverse e specializzate a seconda dell’ambiente in cui vissero. Comunque si può affermare che attorno ai 2,5 milioni di anni fa convivono tra loro quattro forme di Australopitechi: africanus, robustus, boisei e la prima forma derivata da africanus: *Homo habilis*, in cui apparivano evidenti caratteristiche “umane”.

I resti fossili di homo habilis si trovano spesso vicino a pietre lavorate, chiaro indizio di un intento di controllare l’ambiente. Due milioni di anni fa, la zona del lago Turkana (Rift Valley, Africa centro-orientale, nord-ovest del Kenia) ci poteva fornire il seguente scenario: gruppi di Australopitechi boisei si nutrivano prevalentemente di semi. Nelle zone vicine ai fiumi, ricchi di alberi giganteschi, vivevano gli Homo habilis che usavano strumenti per trovare radici e stanare insetti. Al primo segnale di pericolo, gli Homo habilis potevano rifugiarsi sugli alberi, essendo dotati di arti lunghi adatti all’arrampicamento. All’epoca di 1,8 milioni di anni fa, Homo habilis si evolveva con braccia più proporzionate e con un cervello sempre più grande. Prendeva forma una nuova specie: l’*Homo erectus*. Uno dei fossili di Homo erectus ritrovato nella zona del Turkana, risalente a 1,65 milioni di anni fa, denotava un individuo di giovane età, più robusto dei gracili Homo habilis, con una altezza decisamente superiore ai 130 cm dell’habilis, dal peso di circa 50 kg. Tutto stava ad indicare che la nuova specie era pronta per evolversi in modo sofisticato avendo i giusti presupposti.

Osserviamo comunque che la trattazione precedente è solo una delle possibili. Gli studiosi hanno elaborato altre linee evoluzionistiche, sulla base di scoperte di fossili che mettono di volta in volta in discussione le teorie precedenti. Sembra comunque certo che Homo erectus si sia evoluto in Asia e Africa a partire da Homo habilis. La specie Homo erectus rimane indifferenziata per un tempo lunghissimo, 1,5 milioni di anni e si espande nell’intera fascia tropicale. L’utilizzo di strumenti di pietra permette loro di strappare la carne lasciata nelle prede dai carnivori, di adattare rudimentali pelli per ripararsi dal freddo, di usare il fuoco e di trasportare il cibo in caverne. I risultati della sua cultura più che non la selezione naturale sembrano guidare la sua evoluzione.

Attorno ai 300.000 anni fa appaiono in Africa degli ominidi chiaramente derivati dagli erectus, ma con caratteri anatomici evoluti nella direzione della nostra specie: appare l’*Homo sapiens*. Anche in altri luoghi se ne sono trovati resti fossili, ad esempio in Asia, ma questi sembrano rivelare un certo ritardo ad uscire da Homo erectus. In Europa si trovano resti ben conservati, ma con aspetti anatomici diversi, tanto da averli classificati inizialmente in una sottospecie, l’uomo di *Neanderthal* (da Neander, località in cui



ne fu trovato il primo fossile nel 1856). Attualmente invece si ritiene l'Homo neanderthalensis una specie a sé stante, dalle caratteristiche anatomiche adattate ai climi freddi, con un grande sviluppo cerebrale e muscolatura più robusta di quella dell'Homo sapiens. Tale specie visse tra i 200.000 e i 30.000 anni fa. La sua estinzione è ancora una questione irrisolta. Avvenne anche una certa ibridazione tra l'uomo di Neanderthal e l'Homo sapiens, riscontrabile ancora in percentuale tra l'1 e il 4% nel patrimonio genetico dell'uomo moderno euroasiatico; è invece assente nella popolazione subsahariana, indice di un'ibridazione avvenuta quando l'Homo sapiens uscì dall'Africa per incontrare l'uomo di Neanderthal nel medio oriente. A 30.000 anni fa risale il fossile dell'uomo di Cro-Magnon, prototipo dell'uomo moderno, l'*Homo sapiens sapiens*. A quell'epoca risale la graduale estinzione dell'uomo di Neanderthal. Pur essendo più robusto del gracile Homo sapiens, la sua cultura inferiore forse non permise a due specie superpredatorie di convivere in un'Europa dalle risorse limitate.

## Conclusioni

In poche pagine abbiamo fatto una rassegna molto parziale di eventi che coprono un arco di oltre quattro miliardi di anni. Dopo varie letture sull'argomento della vita, della sua nascita e della sua evoluzione, i cui punti fondamentali ho cercato di riportare in questo scritto, l'idea che mi sono fatto è quella di un evento straordinario, fortemente improbabile. La probabilità di sviluppare la vita, intelligente o meno, è il frutto di un calcolo che vede la moltiplicazione di un insieme di numerosi fattori, ciascuno del valore di zero e qualcosa, come abbiamo già visto. Ad esempio, la probabilità di avere un pianeta con la giusta durata del giorno, tale da non far bollire i mari durante le ore di sole e di non farli gelare durante le lunghe notti è 0,? Nessuno conosce la risposta: potrebbe essere 0,00001, ma anche 0,1 o 0,2 o più. Non lo sappiamo. Possiamo solo farne una stima. E questo vale anche per tutti gli altri numerosi fattori di questa complessa formula che vede termini astronomici, geologici, biologici, sociali. Sociali come ad esempio la nascita del linguaggio, evento per nulla scontato, e della successiva scrittura, che pone le basi per uno sviluppo tecnologico. Ma moltiplicare tanti fattori del tipo 0,? alla fine fornisce un numero che si avvicina sensibilmente a zero. **Però non è zero**, questa è la nostra unica certezza, dal momento che la Terra e i suoi abitanti esistono.



E se poi la vita esistesse invece effettivamente in qualche altro mondo, magari una vita intelligente? Potrebbe trattarsi di una vita assolutamente diversa da quella che noi sperimentiamo sulla Terra, basata su una chimica con diversi aminoacidi, con altre reazioni chimiche, con altri esiti finali legati anche ai parametri fisici del pianeta in cui sorge. Il caso e i miliardi di anni avrebbero prodotto situazioni del tutto diverse. Saremmo in grado, in un molto improbabile contatto, di dialogare con una civiltà, seppure intelligente, che ha come **unico tratto in comune** con la nostra specie quello di vivere nella stessa galassia, nello stesso universo?

Forse non siamo soli nell'Universo, forse siamo solo una delle tante civiltà tra quelle attuali, o tra quelle già estinte o tra quelle a venire, ma la nostra incapacità di comunicare ci costringerà quasi sicuramente e per sempre alla solitudine cosmica.

**Remo Facchin**

## **Documenti utilizzati**

*G. Galletta, V. Sergi, Astrobiologia: le frontiere della vita, ed. Hoepli, Milano, 2005*  
*Stephen Webb, Se l'Universo brulica di alieni...dove sono tutti quanti?, Sironi editore, Milano, 2004*  
*La Storia, Mondadori, Utet, De Agostini, Milano, 2006*  
*Brian Greene, L'universo elegante, Einaudi, Torino, 2003*  
*Piero Angela, nel cosmo alla ricerca della vita, Garzanti, 1991*  
*Isaac Asimov, Civiltà extraterrestri, Oscar Mondadori, Milano 1979*

*Risorse in Internet*

*Varie letture sull'argomento*