

**Italo Mazzitelli**

# **Adamo, Eva, Darwin**

**Pilloline di evolucionismo  
per credenti**

## Ringraziamenti dell'autore

Ringrazio mia moglie Franca, astrofisico come me, per avermi caldamente incoraggiato (si scrive così, ma si legge “costretto”) a scrivere questo libriccino. Quando ne ha letto un .PDF preliminare, e le ho chiesto se si trattasse del *primer* che aveva in mente lei, mi ha risposto (testualmente): «Assolutamente no! Ma non ti preoccupare.» Quarant'anni che sono sposato, e ancora non la capisco... Le donne!

Ringrazio mia figlia Anna che, avendo guadagnato un dottorato in biologia col sudore della fronte, mi ha corretto (assieme a Stefano, suo marito e biologo anche lui) diversi errorucci di genetica e, esercitando la professione di maestra elementare, *dovrebbe* cavarne fuori lei il *primer* angosciosamente cercato. Ha gli strumenti culturali per farlo, parlando – senza commettere errori scientifici – ai semplici che ereditano il Regno. Spero non mi dia buca, perché ha già dichiarato di non aver la minima idea di cosa dovrebbe fare!

Ringrazio mio nipote Filippo (sei anni) per aver aggiunto al Presepio alcuni pupazzetti di dinosauro. Forse, nei Cieli Nuovi e Terra Nuova, ci sarà posto anche per loro, come suggerisce il Salmo 35: “Uomini e animali tu salvi, Signore”. Sarebbe interessante, non vi pare? Le trilobiti no, per carità! Dovevano essere bestie schifosissime...

## Prefazione della moglie

Com'è noto, dal culmine dell'ultima glaciazione fino a pochi millenni a.C., i *Sapiens* europei, dai quali discendiamo, sono vissuti di caccia e raccolta. I maschi partivano per lunghe spedizioni seguendo i branchi di renne, in silenzio per non spaventare gli animali e scambiandosi brevi cenni e occhiate, mentre le femmine restavano in caverna a chiacchierare tra loro. O, almeno, questo è ciò che pensano gli evolucionisti maschi. In ogni caso, questi tratti psicologici sono stati fissati dall'evoluzione darwiniana, e sono ancora presenti in noi. Ragion per cui, se la moglie dice al marito: «Dai un'occhiata alle ortensie in balcone, perché stanotte la temperatura è scesa sotto zero», il coniuge riflette a lungo. “Guardare come stanno le ortensie stamattina, non serve proprio a nulla” è la sua conclusione, “se prima non mi accerto di come stia evolvendo la situazione climatica a breve e medio termine. Solo allora potrò sapere come intervenire su quelle maledette piante che, perdendo ogni anno le foglie, otturano sistematicamente lo scarico del balcone”.

Da questo momento in poi, le azioni da lui intraprese possono seguire due tipologie diverse di comportamento.

A) – Ancestrale. Si fa prestare un dirigibile dal gommista, rovescia tutta la cantina finché non trova la Tenda Rossa, partecipa a un'asta su Ebay per aggiudicarsi una muta di cani da slitta, smonta il frullatore e lo trasforma in una trivella da ghiaccio eccetera e, insomma, parte alla conquista dell'Artico per eseguire un carotaggio profondo, in base agli esiti del quale regolarsi poi per le ortensie.

B) – Civilizzato: considerando che non riuscirà mai a eseguire il carotaggio, rimane stravaccato in poltrona.

Si noti come, in entrambi i casi, non gli passi neanche per l'anticamera del cervello (dai lobi frontali molto sviluppati) di andare a guardare le ortensie le quali, poverine, si sarebbero contentate di un semplice telo di plastica per resistere alle gelate anche nei prossimi giorni.

Mio marito è molto civilizzato, ma con saltuari rigurgiti ancestrali. Ragion per cui, avendogli chiesto di buttar giù quattro paginette sul darwinismo per farle leggere alle catechiste della Parrocchia, dopo alcuni giorni mi sono sentita dire: «Ti ho spedito via email il .PDF dei primi dieci capitoli. Devi dirmi se è quello che avevi in mente, e se posso continuare così». Voi cosa avreste risposto?

## SOMMARIO

<b>Ringraziamenti dell'autore .....</b>	<b>1</b>
<b>Prefazione della moglie.....</b>	<b>2</b>
<b>2) – Il disco rigido che... si arrotola! .....</b>	<b>11</b>
<b>3) – Nascita della Terra e della vita .....</b>	<b>17</b>
<b>4) – LUCA, gli antenati e i discendenti.....</b>	<b>24</b>
<b>5) – Cannibalismo proficuo .....</b>	<b>31</b>
<b>6) – L'unione fa la forza .....</b>	<b>37</b>
<b>7) – Simbiosi e “Dogma Centrale” .....</b>	<b>41</b>
<b>8) – Finalmente, le scimmie .....</b>	<b>45</b>
<b>9) – Pancia in dentro, petto in fuori.....</b>	<b>50</b>
<b>10) – L'età degli esploratori. ....</b>	<b>57</b>
<b>11) – Quando serve la pelliccia.....</b>	<b>60</b>
<b>12) – Heidelberg, in Africa centrale.....</b>	<b>63</b>
<b>13) – In Europa, frattanto... ..</b>	<b>68</b>
<b>14) – Adamo ed Eva!.....</b>	<b>72</b>
<b>15) – Io Sono .....</b>	<b>80</b>

## 1) – Scienza e Fede

A volte mi sento come il Cavaliere nel film “Il settimo sigillo” di Ingmar Bergman, che cerca in ogni modo una conferma tangibile dell’esistenza di Dio, ma la trova nell’incontro con la morte. È probabile che pure a me succeda qualcosa del genere: pazienza. Pensate: sono stato perfino accusato di aver soggiaciuto alle suggestioni kantiane, e di aver ignorato le prove razionali dell’esistenza di Dio fornite da San Tommaso D’Aquino (1225 – 1274)! Ma, a ben vedere, nella Summa Teologica, il Doctor Angelicus è molto circospetto quando muove i primi passi verso le famigerate Prove, e richiama a ogni piè sospinto la necessità della Rivelazione come lume che guidi la Ragione (sto abusando delle maiuscole in modo deliberato), altrimenti quest’ultima sarebbe destinata a probabile naufragio. Perfino dopo aver esposto le Cinque Prove, egli termina il discorso con una frase traducibile con: “E questo è ciò che noi definiamo Dio”. La cui interpretazione non è poi così univoca come molti pretenderebbero. Tommaso comincia a utilizzare estensivamente la qualifica “Persona” solo parlando della Trinità, e quest’ultimo è argomento pertinente alla Rivelazione, non alla sola Ragione. Si ha quasi l’impressione che le Cinque Prove conducano alla dimostrazione filosofica dell’esistenza di una Causa Prima dotata di numerosi attributi, ma alla quale sia solo un’extrapolazione *ragionevole*, basandosi sulla Ragione nuda e cruda, aggiungere pure quello di “Persona”.

Io non possiedo l’intelletto di Tommaso; mi piacerebbe molto, ma devo prendere atto che così non è. Per di più, a causa delle esigenze lavorative di un’intera esistenza (ho studiato per quarant’anni le fasi più minute della vita delle stelle), non sono mai riuscito ad approfondire quanto avrei voluto i documenti basilari della fede cattolica. Se proprio sono in dubbio, mi rifaccio al “Credo” di Paolo VI del 30 Giugno 1968 che, secondo me, dovrebbe essere più frequentato dai credenti di oggi. Sono un ignorante e, può darsi, perfino un eretico, ma un eretico piccolo piccolo che non pretende, Scritture alla mano, di mandare al rogo i *papisti*. Dato, però, quel che ho detto finora, non sarebbe intellettualmente onesto da parte mia glissare sui motivi che mi conducono ad aderire a Santa Romana Chiesa.

Confermo, e ribadisco, che non sono mai riuscito a trovare Dio in termini razionali. Semmai, ho qualche vago indizio dell’esistenza del Demonio allorché, senza preavviso, compare sul monitor la scritta: “Si è *finalmente* verificato l’errore di memoria &@£§ç\$#&%”. Il programma verrà chiuso *con un ghigno satanico da parte del sistema operativo* senza salvare i dati *immessi con fatica e sudore della fronte*

*nel corso delle ultime sei, penosissime ore*” (il corsivo è mio, ma è implicito nel messaggio). Diabolus in computer, letteralmente! Scherzi a parte, però, mi sento di poter affermare che avrei trascorso una vita come agnostico – all’ateismo in senso stretto giungo tra due paragrafi – se non mi fossi imbattuto in un certo falegname ebreo (~ 7 a.C. - ~ 33 d.C.), che diceva e faceva cose interessanti. Un giorno, dopo averne sparate delle grosse, da spaventare la gente e far scappare quasi tutti, si rivolse a me chiedendomi se volessi andarmene anch’io. Colto alla sprovvista, ci pensai un attimo e risposi che: no, non me la sentivo di andarmene. Lui solo aveva parole di Vita eterna; avrei continuato ad andargli appresso, pur non sapendo dove mi avrebbe condotto. Non lo so a tutt’oggi ma, grazie a Dio (se esiste), sono abbastanza vecchio. Un po’ di anni di pazienza, non tanti, e ci arriverò. Oppure arriverò al nulla, ma allora non lo saprò nemmeno, e a quel punto, chi se ne frega!

Detto fuori dai denti, il problema è sempre quello della Fede. Come la intendo io? In primo luogo, mi fanno salire su di giri quelli che affermano serenamente che: «La Fede è un dono, ed io non l’ho ricevuto...» Certo, la Fede è un dono, lo so, ma un dono che Dio concede a tutti. Chi lo rifiuta, non può permettersi d’inculpare Dio per giustificare la propria scelta di un’esistenza priva – tra l’altro, ma non solo – di vincoli etici oggettivi. È un atteggiamento che non trovo degno di rispetto, al contrario di quello – molto più raro ma dignitoso – di chi confessa esplicitamente: «La fede è una scommessa troppo grossa per me, e non mi sento di stipularla». Costui, infatti, sa di essere stato lui a eseguire una scelta, e si fa onestamente carico delle proprie responsabilità. “La scelta”: è questa la chiave di tutto. Se le Prove di Tommaso fossero irrefutabili come un teorema di matematica, o sperimentabili come la legge di gravità, e conducessero inevitabilmente alla conclusione che lassù c’è un Padre che ci ama uno per uno e a noi chiede solo di essere ricambiato, dove finirebbe il nostro libero arbitrio e la facoltà di scegliere? Saremmo forzati a prendere atto dell’evidenza, e sarebbe più che altro una condanna. La massima espressione del libero arbitrio, invece, è proprio qui: scegliere se seguire il falegname ebreo, oppure andarsene perché la sua proposta ci pare troppo gravosa. Io ho scelto di seguirlo: le Cinque Prove della Summa Teologica possono aiutarmi, ma la mia fede è un atto di volontà, conseguente all’incontro di una Persona, e non di un’Entità metafisica, quali che possano essere le Sue Perfezioni filosofiche. Pensate che il grande matematico Gödel (1906 – 1978) dimostrò perfino, con un teorema da chiunque controllabile, l’esistenza di Dio, eppure la maggior parte dei matematici sono agnostici o atei!

E vengo proprio all’ateismo. Al tempo in cui scrivo (seconda decade del terzo millennio) fiorisce una scuola di “Nuovi Atei” che pretendono di fondare la propria scelta, concreta e attiva nel proselitismo, in conformità a prove scientifiche certe (o

presunte tali) della non-esistenza di Dio. Il porta bandiera di tale comunità è, al momento, Richard Dawkins (1941 – Dio solo – se esiste – sa quando), bravo biologo evolucionista e genetista, autore di molti saggi divulgativi. Per la verità, dopo un periodo di gloria, questa corrente sta incontrando sempre più resistenza da parte della comunità scientifica internazionale, giacché la filosofia della scienza mal si accorda con affermazioni perentorie, e tende invece a un agnosticismo sostanziale: cosa ben diversa dall’ateismo di principio. Nei blog in rete, nei libri divulgativi più recenti, i Nuovi Atei sono criticati in modo vivace da altri scienziati che, peraltro, si dichiarano atei pure loro: l’ateismo è ricondotto a una presa di posizione individuale, com’è sempre stato considerato da tutti, senza la minima ombra di supporto scientifico. Detto in altro modo: l’ateismo radicale non è altro che una fede religiosa come qualsiasi altra, non dimostrabile su basi scientifiche, e come tale va trattato. Si rispetta l’ateo perché non c’è alcun motivo razionale per offendere la sua religione, allo stesso modo in cui si rispetta il cristiano, l’ebreo, il musulmano, l’indù... E tanto basti per il presunto “ateismo della scienza”.

Ora, finalmente, ho posto tutte le premesse per raccontare in poche parole come intendo io il rapporto tra scienza e fede, pur se rimando il lettore all’ultima sezione per ampliare un po’ il respiro delle mie affermazioni. Posto che sono uno scienziato, credo che il Big Bang sia avvenuto circa 13,77 miliardi di anni fa (i decimali precisi potete andare a cercarli altrove), e ritengo possibile che prima del Big Bang esistesse già qualcosa. Per giunta, mi sembra incontrovertibile l’evidenza che la Terra si sia formata da 4,54 miliardi di anni (stesso discorso per i decimali), che i primi fossili (le cosiddette *stromatoliti*) fissano le più antiche tracce certe di vita già evoluta ad almeno 3,6 miliardi di anni fa, che... no, l’evoluzione biologica ve la racconto nelle prossime sezioni. Insomma: io credo – con le debite precauzioni che la stessa filosofia della scienza m’insegna – a **tutti** i risultati della moderna cosmologia, del darwinismo (e non mi curo di sue possibili correzioni, perché non cambiano il succo del discorso), e via discorrendo. Ora, qualche sprovveduto, potrebbe chiedermi come faccio a credere anche nella Bibbia e in tutte le favole conseguenti.

Deve essere proprio uno sprovveduto, perché la risposta a una domanda intrisa di sottocultura pseudo-scientifica come questa risale ai primi tempi della Chiesa, e fu trattata fra gli altri, in maniera esaustiva, da Sant’Agostino d’Ippona (354 – 430), e ripresa più recentemente dal padre della scienza moderna: nientemeno che Galileo Galilei (1564 – 1642). E qui devo raccontarvi due pettegolezzi proprio su Galileo ma attenzione: non è per alleggerire il testo o, peggio, per allungarlo artificiosamente. Voglio farvi capire cosa penso io, come scienziato, dei rapporti tra scienza e fede e come, secondo me, *dovrebbe intenderli qualsiasi credente, scienziato o no*. Non

perché io possa permettermi di atteggiarmi a maestro di sapienza, ma perché Galileo lo era, ed è bene sapere cosa pensasse lui, su quest'argomento.

Premessa: il nostro uomo non era di vita morigerata, sia dal punto di vista materiale, sia da quello spirituale. Ebbe tre figli da una donna che non sposò mai, ma i peccati della carne sono spesso bruscolini. Andava molto forte, invece, in quelli dello spirito: era il tipico barone universitario come i peggiori dei nostri giorni, orgoglioso, intollerante, pieno di boria, attentissimo alla propria auto-promozione a scapito del lavoro altrui, presuntuoso e... insomma, mi avete capito. In un quadro sin qui negativo, però, brillava una gran luce: era un credente di ferro, e lo dimostrò in tanti modi. Valga per tutti il suo epistolario con la figlia Suor Celeste, clarissa nel convento di San Matteo in quel di Arcetri, e non vale invocare tardi fantasmi come la censura dell'Inquisizione e così via. Anche perché, la sincera preoccupazione di Galileo affinché il gran libro della natura, scritto da Dio, non entrasse in rotta di collisione con le Sacre Scritture, precede di un bel po' il suo processo del 1633. Infatti, troviamo il pensiero di Galileo elucidato in modo chiarissimo nella sua lettera del 1615 a Cristina di Lorena (attenzione alle date: stiamo parlando di 18 anni prima del processo). Questo scritto, che vi raccomando assai fortemente di andare a cercare su Internet e leggere per intero, contiene *due principi fondamentali* che, allora come adesso e per l'eternità, regolano i rapporti tra scienza e fede, e che io ho sempre tenuto per fermi durante la mia esistenza come scienziato professionista e credente. E badate: non sono sottigliezze che riguardino solo gli scienziati. Galileo è un cristiano, e per giunta d'intelletto elevato, pur con tutte le sue debolezze, e ogni altro cristiano dovrebbe far proprie entrambe le sue argomentazioni, che sia un boscaiolo o un premio Nobel, un cattolico o un pentecostale. Siccome so che non leggerete mai la lettera a Cristina, vi riassumo con parole mie i due argomenti.

1 – Una sua buona parafrasi sarebbe: “Le Scritture non ci dicono com'è fatto il cielo, ma come si va in Cielo”, e spero abbiate notato l'uso delle minuscole e maiuscole nel vocabolo “cielo”. Con le minuscole, ci si riferisce al *cielo fisico*, e cioè all'Universo che abbiamo sotto i nostri occhi, includendovi anche la Terra e noi stessi. Per quale motivo le Scritture dovrebbero occuparsi di spiegarci le leggi di natura? Per scoprire quelle, Dio ci ha già dato l'intelletto e tanto basta: prova ne sia che, con pazienza, le stiamo scovando una appresso all'altra. Il “Cielo” maiuscolo, invece, è quello *metafisico*, la dimora (non spaziale né temporale) di Dio e di coloro che l'hanno liberamente scelto, e in questo caso le Scritture e la Rivelazione di Cristo, servendosi del linguaggio accessibile agli esseri umani delle epoche in cui furono fissate, spiegano come amare e servire Dio in letizia, per raggiungerlo in veste di legittimi figli al termine di questa vita. E dunque, per quale motivo dovrei



attaccarmi pervicacemente a un'interpretazione letterale delle Scritture quando mi occupo del *cielo fisico*? Perdonatemi, ma io vedrei una pratica del genere come un insulto a Dio il quale, affinché fossi in grado di interpretare correttamente le Scritture alla sua luce, mi ha messo a disposizione la Rivelazione. Senza voler offendere nessuno, ma dovrei davvero essere un ottuso protestante integralista come il vescovo anglicano Ussher (1581 – 1656), che faceva i conti al minuto, per credere sul serio che il mondo sia stato creato a mezzogiorno del 23 Ottobre del 4004 a.C. (e non si specifica se piovesse)! Adesso, però, veniamo al secondo argomento di Galileo, che è più sottile ma, anche, più vincolante per una mentalità *moderna*.

**2 – Non bisogna invocare l'intervento divino ogni volta che ci si trovi di fronte a un fenomeno naturale ancora non spiegato dalla scienza.** Infatti, qualora la scienza riuscisse, alla fine, a impadronirsi di quel fenomeno, cosa ne sarebbe della nostra immagine interiore di Dio? Ne uscirebbe sminuita nel migliore dei casi, nel peggiore rischierebbe di sfumare, proprio come vediamo accadere nel mondo contemporaneo, via via che un numero sempre maggiore di fenomeni naturali molto complessi ricadono sotto le capacità esplicative della scienza. Così è per l'*origine* dell'universo (è la chicca che riservo per il lettore che riuscirà ad arrivare in fondo a questo volumetto), per il nascere della vita, e il suo evolvere verso forme *superiori*, per la costruzione del guscio fisico dell'essere umano, e via scorrendo. Badate: quattrocento anni fa, già Galileo si preoccupava di possibili sviluppi futuri della scienza che egli stesso non era in grado di anticipare. E capiva che un atteggiamento integralista della Chiesa nei confronti delle Scritture, avrebbe allontanato molti dalla religione, e se ne preoccupava. Fate tesoro di questi due punti, specialmente del secondo! Per me, sono convinto che, se Galileo giunse ad abiurare al termine del suo processo da parte dell'Inquisizione, fu più per timore delle fiamme che lo avrebbero potuto attendere nell'al di là, che di quelle nell'al di qua...

E allora, qual è il rapporto tra scienza e fede? Io lo vedo in modo molto rilassato e, per la mia mentalità, logico. La scienza ci fa pian pianino capire quali sono i modi che Dio ha scelto per comporre e far funzionare la Creazione fisica (non certo quella metafisica! Lì ci vogliono Scritture e Rivelazione). Per quanto riguarda il Big Bang, ad esempio, sappiamo ormai che il Padre si è servito della Gravità, e delle tre *interazioni quantistiche* descritte – al momento – dal cosiddetto “Modello Standard”, la punta più avanzata della fisica contemporanea. Di certo, fra cent'anni potremo dirne molto di più e, magari, avremo perfino integrato fra loro la Gravità (Teoria della relatività) e la Meccanica quantistica – cosa che, al momento, ancora non ci riesce – per cui il modello scientifico del Big Bang, e dell'eventuale *prima*, saranno molto più solidi e completi rispetto a oggi (vedi la sezione 14). Ebbene: il mio modo

d'intendere è che, a quel tempo, avremo capito un po' meglio quali sono gli strumenti *fisici* usati da Dio. Non vi piace quest'idea? Io la trovo pressoché ovvia, come pure mi pare scontato che l'evoluzione darwiniana, per il tramite delle mutazioni del DNA, e di tutta la genetica che ne discende, siano state la scelta operata dal Creatore per condurre all'esistenza esseri i quali, dopo l'infusione di un'anima immortale da parte Sua, fossero capaci di conoscerlo, amarlo, servirlo e goderlo. “Tunc autem cognoscam sicut et cognitus sum” dice l'Apostolo Paolo nella prima lettera ai Corinzi, e dobbiamo essere grati ai meccanismi biologici naturali, che ci hanno consentito di ascendere fisicamente fino al momento in cui Lui ritenesse opportuno trasformarci in Uomini completi, col dono dell'anima.

Ecco: sto parlando dell'evoluzione darwiniana in senso lato. Qui *sembrano* esserci sempre nuovi punti d'attrito tra scienza e fede perché, a mio avviso, si fa una gran confusione tra concetti non solo religiosi, ma anche strettamente scientifici, e questo non è un bene. Un esempio? La dottrina del Peccato originale, fondamento della fede cristiana perché, in sua assenza, non ci sarebbe stato bisogno di Redenzione, richiede il *monogenismo*, vale a dire la discendenza di tutti gli esseri umani da un'unica coppia. In prima battuta, il darwinismo *sembrerebbe* insegnare che, al contrario, è esistito il *poligenismo*, e cioè la discendenza dell'umanità da un *gruppo* di antenati comuni. È davvero così, oppure basta risalire *all'origine del gruppo*, e allora il monogenismo rappresenta la regola, piuttosto che l'eccezione? Ne parlerò diffusamente. E poi: questo benedetto Paradiso terrestre c'è stato davvero? Era un *luogo* preciso o piuttosto uno *stato* di natura? Dio ha creato Adamo ed Eva e, sul piano religioso, su questo punto non può esserci discussione, ma cosa vuol dire “creato”? È un termine suscettibile di diverse interpretazioni, se lo inseriamo in un contesto antropologico – evolutivo. Come lo sono anche i termini: “felicità” e “immortalità” dei nostri antenati, prima che commettessero il Peccato originale, e qui perfino la teologia tradizionale lascia aperte diverse possibilità d'interpretazione.

Ebbene: dopo aver riflettuto un po' su questi ultimi argomenti, che da molti sono percepiti come un po' spinosi, vorrei mettere a disposizione dei curiosi l'esito delle mie cogitazioni, senza nessuna pretesa che possano essere l'ultima parola – specie da punto di vista religioso, teologico e metafisico – da tener buona sulla fiducia. In fin dei conti, non sono un grande pensatore e, come anticipato, la mia ignoranza teologica è quasi del tutto priva di lacune, per cui potrei trovarmi eretico senza saperlo. Ne faccio ammenda a priori: se il braccio secolare della Santa Inquisizione (per fortuna non c'è più) venisse a ghermirmi per chiudermi nelle segrete di Castello, abiurerei senza por tempo in mezzo, ben prima che Monsignor Nicolau Aymerich (1320 –1399) ordinasse all'aguzzino di porre i ferri sul barbecue. D'altra parte, per

quel poco che ho cercato, enunciazioni dogmatiche contrarie a quanto sto per raccontare non ne ho trovate; se qualcuno ne fosse a conoscenza, gli sarei grato se me ne mettesse a parte. A quel punto cercherò di ragionarci sopra in modo diverso e, se riuscirò a concludere qualcosa di senso compiuto, vi racconterò le mie nuove cogitazioni. Ora cominciamo dal primo segmento di RNA che, tantissimo tempo fa, trovò il modo di produrre una copia di se stesso.

## 2) – Il disco rigido che... si arrotola!

No, rischerei di fare una gran confusione se cominciassi a raccontare fin d'ora l'origine della vita, quando mancano ancora un sacco di nozioni importanti sull'*unità di memoria* che contiene tutte le informazioni necessarie affinché venga al mondo – e funzioni – un essere umano oppure, in alternativa, un lombrico, uno scorpione, un tirannosauro (per fortuna, quest'ultimo ha smesso di tormentare il pianeta da 65 milioni di anni), quel malefico gatto che si sdraia sullo *scanner* ogni volta che – e solo quando – devo fotocopiare un documento, e così via.

Ragioniamo così: tutte le volte che usiamo il computer, magari solo per giocare a Pac-Man, ci aspettiamo che le operazioni da noi svolte fluiscano secondo una certa regola. Nell'esempio che ho scelto: se c'è un'uscita dal labirinto verso destra, deve esserci un'entrata da sinistra di modo che, quando la faccina gialla sparisce da una parte, riemerge dall'altra. In altri termini, da qualche parte nel computer, deve esistere un *cosa* non meglio identificato, che tiene a mente quello che sta succedendo nel gioco, e non alterna schermate a casaccio. Ed è vero: questo generico *cosa* altro non è se non una serie di circuiti elettrici, i cui transistor si attivano secondo modalità ben definite, seguendo le istruzioni del *programma*. Un esperto di computer ha passato centinaia di ore a tavolino, per fare in modo che, quando la faccina gialla mangia la *caramella*, poi possa ingoiare anche i *fantasmini* per una decina di secondi.

Incontriamo qui per la prima volta il concetto di *programma*, che giocherà un ruolo fondamentale in futuro. Proseguiamo con l'analogia informatica. Il *programma Pac-Man* è come una barchetta che galleggia su un mare molto vasto, un oceano d'istruzioni che solo il computer è in grado di capire, dal nome di *sistema operativo* (WINDOWS, MAC OS, ANDROID e altri). Pure quest'oceano è, a sua volta, un *programma* appena un po' diverso dagli altri, e la sua enorme complessità è necessaria a fornire un *cuscinetto* tra il giochino e i circuiti di base del computer i quali, senza *interfaccia* che *traduca* per loro ogni altro programma, non servirebbero a niente. Il sistema operativo rappresenta per l'appunto l'interfaccia: qualunque sia il *programma* che l'utente finale sta facendo *girare* sul computer – per esempio, io sto usando un programma di video-scrittura –, il sistema operativo *legge* le istruzioni del *programma* e, istante per istante, le traduce in azioni che i circuiti debbono compiere, affinché io veda, in tempo reale, sul monitor, la pagina che sto scrivendo così come si presenterà quando la invierò alla stampante.

Due paragrafi per raccontare qualcosa che sanno tutti, ma ora ecco il punto. Che cosa succede quando spegniamo il computer? O meglio ancora: quando lo

riaccendiamo? Sarà necessario, in primo luogo, che il *sistema operativo* ricominci a funzionare e *interfacciare* i circuiti, sennò non potremo utilizzare nessun programma per l'utente come, per l'appunto, Pac-Man. E come si fa? Ci deve essere una copia di questo *programma di supporto* nascosta da qualche parte e, appena il computer si accende, una serie di automatismi deve badare a *caricare il sistema operativo* e mandarlo in esecuzione. Così è: senza entrare in dettagli che non c'interessano, il sistema operativo, che era *scritto* sul disco rigido (la *memoria* fissa) del computer, viene *letto* e riprende a svolgere il suo compito. Quest'operazione prende il minuto o due di trepidazione, che intercorre dall'istante in cui premiamo il pulsante di accensione, a quando le immagini che compaiono sul monitor ci rassicurano che, pure stavolta, gliel'abbiamo fatta, e non dobbiamo portare la macchina a riparare. E che il computer si comporta secondo i canoni di WINDOWS, o di MAC OS, o di ANDROID eccetera.

Abbiamo aggiunto il concetto di *memoria*, e possiamo saltare un po' tra l'analogia informatica e la biologia. Ci si chiede: come mai, dai cavalli, nascono sempre altri cavalli? Anche all'interno degli spermatozoi, e degli ovuli che ne sono fecondati, esisterà qualche *unità di memoria* (diversa dal disco rigido), contenente il *programma* da far eseguire alle cellule durante la loro moltiplicazione. Questo programma farà in modo che l'essere vivente generato abbia la forma di un cavallo, la disposizione degli organi interni di un cavallo, il modo di funzionare biologico di un cavallo e che, insomma, somigli tanto a un cavallo da poter dire: «è un cavallo» e basta. Tornando per un attimo al computer, esso funzionerà, tanto per fare un esempio, sotto ANDROID (cavallo da tiro privo di fantasia), e non sotto WINDOWS (recalcitrante cammello adatto a ogni clima) o MAC OS (astuto cane da caccia che a volte si pappa la preda) o altro. Se fin qui ci siamo, adesso incontriamo il problema: dove sta, e com'è fatta, quest'*unità di memoria* che contiene non solo il *programma di costruzione* dell'animale in questione, ma anche il suo *sistema operativo*? Lo vedremo tra poco, e scopriremo che unità di memoria e sistema operativo sono, nel caso biologico, talmente rimescolati tra loro da poter essere trattati – entro certi limiti – come un *oggetto solo*.

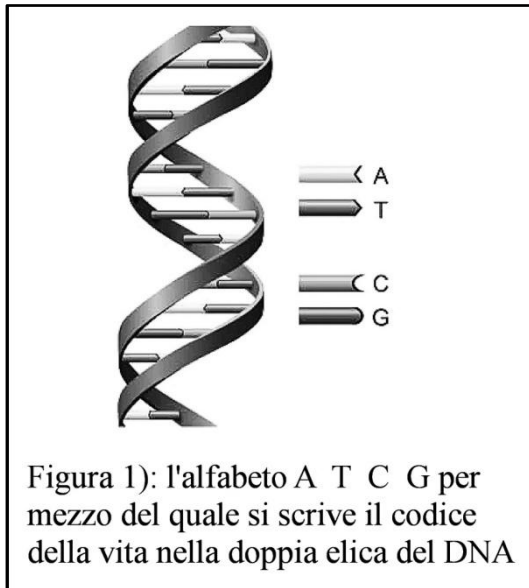
I biologi hanno impiegato molto tempo per trovare la risposta al problema di cui sopra, perché la domanda non è banale. In effetti, un animale di grosse dimensioni e dalla funzionalità piuttosto articolata, come appunto un cavallo, per raggiungere la sua forma finale e riuscire a sopravvivere molti anni, richiede un *programma* di estrema complessità. Specie se si considera che non solo gli organi interni devono funzionare con una sincronizzazione da ferrovie svizzere, ma l'animale deve essere in grado di reagire – e velocemente – a *ogni input sensoriale* proveniente dall'ambiente

esterno, e non è pensabile che perfino *tutti* i possibili input siano codificati a priori nel programma. Nel 1944, un fisico di grande intelletto, Ervin Schrödinger (1887 - 1961), formulò l'ipotesi che le cellule di ogni organismo contenessero quel che lui chiamava un *cristallo aperiodico*, nel quale fossero proprio le *mananze di periodicità* che, interpretate dall'organismo stesso come se fossero le lettere di un alfabeto biologico, contenessero l'informazione che codifica il programma. Il biologo Watson (1928 – vivente) fu molto influenzato da questa ipotesi e, nel 1950, assieme a Crick (1916 – 2004) e altri colleghi, scoprì la molecola di DNA che è, per l'appunto, il famoso *cristallo aperiodico* e contiene, scritto in un codice di *quattro lettere* che vedremo tra poco, il famigerato *programma* della vita.

Prima di raccontare sul DNA quelle quattro sciocchezze che ho imparato, pongo una domanda alla quale rispondo subito. Premessa: gli esseri viventi complessi (non sto parlando dei *virus* che, a stretto rigore, non sono neanche *viventi*) hanno tutti – o quasi – dimensioni tali da essere, come minimo, visibili a occhio nudo, e certe volte sono enormemente più grandi, come la balenottera azzurra, dal peso di *duecento tonnellate*. Domanda: potrebbe, su altri pianeti, esistere una vita (badate; non parlo di *vita intelligente* ma *vita* pura e semplice, come le formiche e gli elefanti) altrettanto complessa di quella terrestre, ma di dimensioni microscopiche? Risposta: no! Madre natura, per costruire la vita che conosciamo, ha già utilizzato i blocchi di *Lego* più piccoli a sua disposizione, vale a dire atomi e molecole. Malgrado ciò, le bestie come noi sono così grosse da contenere qualcosa come centinaia di miliardi di miliardi di miliardi di atomi. Se ne avessimo molti di meno, alcune delle nostre funzionalità potrebbero essere pregiudicate. Per quanto possa sembrare strano, siamo gli animali più piccoli che la natura riesca a costruire, compatibilmente con l'efficienza richiesta. E adesso capiremo meglio il perché.

Fermo restando che raccomando al lettore di andarsi a leggere su un buon sito Internet le nozioni sul DNA che io *non* riuscirò a fornire nel seguito, anche perché non sono direttamente attinenti all'argomento del libro, sappiate che il *programma* richiesto per generare e far funzionare un essere umano, richiede una sequenza di *lettere* dell'alfabeto molecolare lunga circa due metri, e vi prego di rammentare che in un centimetro possono entrare *cento milioni di atomi*. Ma non è nulla di fronte al DNA di un comune abete (quello natalizio, sì), che è cinque o sei volte più lungo. Questo, solo per farvi capire quanto sia complicato il *programma* necessario a dare origine a un essere vivente, animale o vegetale, fungo o batterio (sono questi i quattro Regni della natura vivente). Ma lo sapevate senza bisogno che ve lo dicessi, non è vero?

Le quattro lettere dell'alfabeto della vita sono quattro molecole abbastanza semplici, e si chiamano adenina, timina, citosina e guanina (A, T, C, G in Figura 1).



Alternandosi in gruppi sempre diversi, forniscono alla cellula le istruzioni indispensabili a sintetizzare le varie molecole necessarie al metabolismo: molecole che, collettivamente, prendono il nome di *proteine*. La varietà delle proteine, ovviamente, è enorme, e il loro numero è tale che neanche ve lo scrivo. Però... c'è un però!

Come fa una singola molecola di DNA, lunga due metri, a entrare in una cellula che neanche si vede a occhio nudo? La risposta è ovvia: si accartocchia! Poiché questo non è un testo di genetica, mi limiterò solo ad accennare che il

DNA raggomitolato, con una serie di proteine di contorno, prende il nome di *cromosoma* e cioè, in Greco: *corpo colorato*. Tale qualifica gli deriva dall'essere stato evidenziato, nel lontano 1888, per mezzo di tecniche di colorazione della cellula. Aggiungerò pure che le cellule umane contengono ben 23 *copie* di cromosomi, e cioè 46 *doppie* eliche di DNA (sulla *doppia elica* e sul suo *scheletro* dirò qualcosa fra poco), ma un solo cromosoma determina il sesso dell'individuo: il cosiddetto *X* per le femmine, e l'*Y* per i maschi. E consentitemi qui una breve digressione sulla *stabilità* degli animali superiori.

Per *errori di copiatura*, succede talvolta che un essere umano nasca con un cromosoma in più, spaiato! In tal caso, costui è soggetto alla Sindrome di Down, ed è sterile. Eppure, perfino con una malformazione genetica così grave, il paziente può, se ben curato, vivere lunghi decenni e, contrariamente alla credenza popolare, non è per nulla un *minus habens* intellettuale. Magari non è un genio, ma non ha difficoltà a studiare abbastanza da guadagnarsi una laurea universitaria, e può esercitare numerose attività lavorative anche di un certo impegno. Insomma: a parte la sterilità, è un essere umano sostanzialmente simile a tutti gli altri; una *Persona* con l'iniziale maiuscola. A proposito: sapete quanti cromosomi ha il vostro cane? La bellezza di 78, quindi portategli rispetto! E qui termina il mio discorso sui cromosomi e quant'altro, perché ritengo di dover semplificare i concetti restando su una sola molecola di DNA che, per trovare posto nella cellula, ha inventato il trucco di accartocciarsi.

Soluzione intelligente che, purtroppo, fa sorgere un nuovo problema: se è vero che i *programmi* di funzionamento (per non dire quelli che ci consentono di diventare esseri umani e non cavalli) dell'organismo sono scritti nella molecola di DNA secondo un alfabeto di quattro lettere – quelle che ho nominato poco fa –, com'è possibile *leggere* questo programma da una molecola accartocciata e costruire le proteine giuste? L'evoluzione ha trovato una strada molto raffinata, che a sentirla per la prima volta sembra macchinosa, ma in pratica funziona benissimo. Fermo restando che insisto nel raccomandarvi di leggere qualche libro divulgativo sul funzionamento del DNA, e neanche mi prendo il disturbo di consigliarvene uno specifico perché, fortunatamente, la letteratura sull'argomento è molto ampia e, di sicuro, in una qualsiasi libreria troverete quello che fa al caso vostro, cercherò di sintetizzare quel poco che vale la pena di sapere senza buttar giù termini complicati. In questo, come fisico, seguo la scuola di Enrico Fermi; quando gli chiedevano come si chiamasse l'ultima particella elementare scoperta, rispondeva: «Se potessi ricordarmi il nome di ogni particella, farei il botanico e non il fisico». Chiaro il concetto?

Torniamo al DNA; ho già accennato a una *doppia elica*, vale a dire che esso contiene il doppio delle informazioni, in queste due eliche agganciate l'una all'altra proprio per mezzo delle quattro lettere, poiché le eliche non sono *doppioni*, ma proprio *diverse*. Dalle Figure 1 e 2 si nota una piccola complicazione: l'adenina, per esempio, non si lega a un'altra adenina ma alla timina; siccome i legami sono ben precisi e non a caso, il *messaggio* genetico resta però univoco. Di conseguenza, per *leggere* il brano che spiega alla cellula come costruire la proteina che serve in quel momento, un pezzetto del DNA dovrà non solo srotolarsi, ma anche *aprirsi*, nel senso che i legami che tengono agganciate le due spirali si spezzeranno, e solo a quel punto il messaggio sarà leggibile. Ma è ancora un po' più complicato di così. I piccoli laboratori chimici nei quali si costruiscono le proteine, infatti, non si trovano mai direttamente a

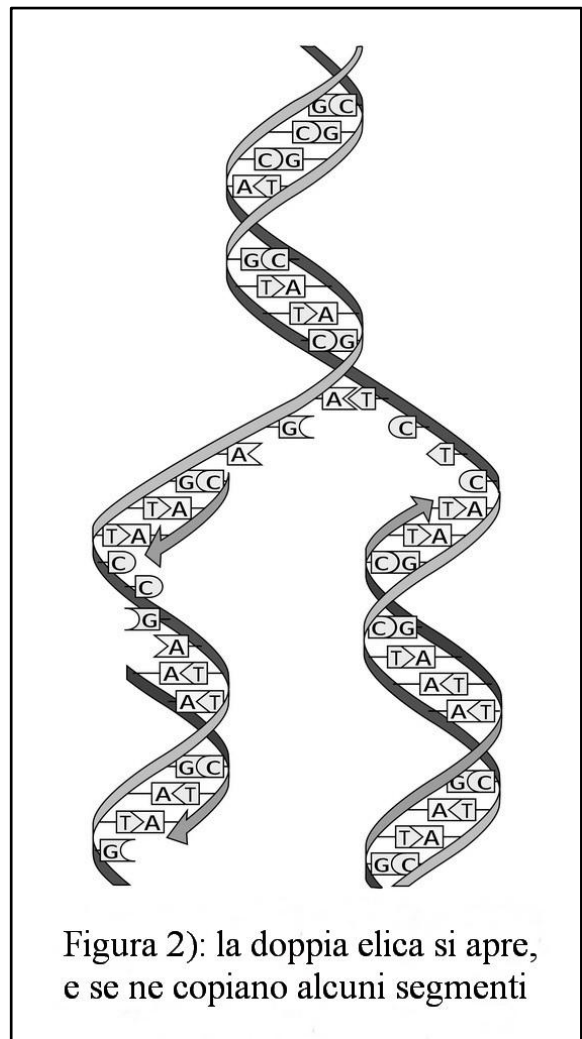


Figura 2): la doppia elica si apre, e se ne copiano alcuni segmenti



contatto col DNA. Questi *organelli* (è il loro nome scientifico) sono distribuiti in altre zone della cellula, il cui compito è di sovrintendere a funzioni specifiche (immagazzinamento di energia eccetera). Come si fa, allora, a portare il messaggio del DNA da una parte all'altra della cellula? Ecco che ci viene in aiuto il cosiddetto RNA. Si tratta di un altro genere di molecola, di cui esistono tanti tipi quante le proteine da costruire, la cui lunghezza è generalmente molto inferiore a quella del DNA. Come si vede in Figura 2 (gli spezzoni individuati da frecce, a elica singola, sono diversi fra loro per luogo e direzione di copiatura, e lunghezza), le molecole di RNA sono *copie* del messaggio, ciascuna delle quali ha le proprie funzioni, che si aggregano a ridosso della piccola regione in cui il DNA si è aperto. Poi, le molecole di RNA se ne vanno in giro fin dove necessario e, giunte in posizione, i laboratori chimici locali saranno in grado di leggere il loro messaggio producendo, finalmente, la proteina necessaria secondo le istruzioni.

Se volete un'analogia, pensate alla Bibbia. È un libro enorme, e la sua lettura completa richiederebbe giorni e giorni. Paragoniamol'intera Bibbia al DNA. Ora, come ben sapete, per l'ordinario della Messa si leggono ogni giorno brani diversi, piuttosto corti. Un esempio? Nelle ultime domeniche dell'anno antecedenti l'Avvento, la prima lettura è presa, di solito, dall'Apocalisse. Come fa, il fedele (l'*organello*, che ha bisogno solo di un pezzetto d'informazione), a trovare sul foglietto proprio le letture giuste, e non tutta la Bibbia per cercarsele? Risposta: perché qualcuno (l'RNA, in questa analogia) si è dato la pena di selezionarle seguendo le indicazioni liturgiche, e ha portato in tipografia il testo da stampare. L'analogia è tirata per i capelli, lo so, e di conseguenza v'invito di nuovo a leggere qualcosa di divulgativo sul codice genetico.

Perché mi sono soffermato così a lungo sul DNA e ammenicoli vari? Ebbene: i fondamenti per capire il darwinismo, e ciò che gli gira attorno, sono nascosti proprio nel DNA. E tranquillizzatevi, perché non c'è nessun bisogno d'introdurre altri dettagli sul suo funzionamento; un'idea generale come quella che vi ho fornito è sufficiente a procedere verso l'origine della vita e la sua evoluzione. Cercherò di avviare il discorso premettendo qualcosa sull'origine ed evoluzione del nostro pianeta, perché si rivelerà importante per alcuni ragionamenti che seguiranno.

### 3) – Nascita della Terra e della vita

Ho anticipato che la Terra si è formata poco meno di 4,6 miliardi di anni fa. In verità, a quell'epoca si è formato il Sole, a causa del collasso verso il baricentro di una nube di gas che vagava tra le stelle e, a un certo punto, è stata compressa dall'onda d'urto di una supernova. Quest'ultima è una stella gigantesca giunta al termine della propria vita, che esplose eruttando gli elementi chimici che poi andranno a comporre la Terra: l'ossigeno, il ferro, l'azoto e così via. Pian pianino, mentre il Sole si formava, i residui di polvere e gas che gli orbitavano attorno si condensavano in pianeti, e così nacque pure il nostro. Inizialmente era una palla di roccia fusa, completamente priva di acqua perché il calore del Sole neonato aveva fatto evaporare il prezioso liquido verso le parti più esterne del Sistema solare. Ma gli astronomi hanno ormai mostrato come, durante i primi tempi dopo la formazione della Terra, asteroidi e comete fossero ancora molto frequenti nei dintorni, e il nostro pianeta finiva per essere bombardato in continuazione da questi frammenti. I quali avevano un doppio effetto: mantenere calda e fusa la superficie terrestre a causa dell'energia degli impatti, e portare acqua specie da parte delle comete che, essendosi formate inizialmente nelle zone più lontane dal Sole, avevano accumulato grandi quantità di ghiaccio. Ecco una prima informazione utile: tutta l'acqua esistente sulla Terra viene dalle comete, e all'epoca di cui stiamo narrando, era presente sotto forma di vapore acqueo nell'atmosfera.

A un certo punto, sempre nei primi milioni di anni di vita del corpo celeste che ci ospita, un pianetino delle dimensioni di Marte andò a collidere, fondendosi, con la proto-Terra. Gli schizzi di materiale crostale furono scaraventati in orbita, e lentamente si agglomerarono tra loro formando la Luna. Curioso, vero? A noi, però, interessa discutere della nascita della vita, poiché questo è il posto giusto per farlo. Come primo passo in questa direzione, bisogna riflettere su alcuni numeri che già abbiamo buttato giù nelle sezioni precedenti. Le età non solo della Terra, ma anche dei più antichi fossili che documentano una vita batterica già un po' evoluta; le *stromatoliti* che si trovano, per esempio, sulle spiagge dell'Australia, ma non solo: pure in Canada, e altrove.

Non mi avventuro sui metodi di datazione dei fossili; per quanto possa sembrare strano, ormai questi sono ragionevolmente precisi e forniscono date affidabili. Di conseguenza, sappiamo che almeno 3,6 miliardi di anni fa la vita era già lì. Sono questi i numeri sui quali vi avevo premesso che bisogna ragionare. Il problema è che, ormai, planetologi e geologi sono giunti a concludere – sempre per mezzo di ricerche

sperimentali e di una loro interpretazione abbastanza precisa – che il bombardamento da parte di meteoriti e comete, per quanto più intenso nelle primissime fasi dell'esistenza terrestre, non sia cessato all'improvviso, ma sia andato decrescendo progressivamente, con picchi di aumentata violenza in corrispondenza di particolari fasi di aggiustamento nelle orbite dei pianeti all'interno del Sistema solare. In particolare, un riacutizzarsi del bombardamento si ebbe circa 4 – 3,9 miliardi di anni fa. Poi, la frequenza degli impatti declinò abbastanza rapidamente. Per nostra sfortuna – o fortuna – senza cessare del tutto; circa 65 milioni di anni fa, l'ultimo dei grandi meteoriti (almeno tra quelli caduti finora) giocò uno scherzo da prete ai dinosauri, e ai nostri giorni è stata istituita una vera e propria struttura astronomica internazionale che tiene d'occhio i corpi celesti che passano un po' troppo vicino alla Terra (sono migliaia). Il punto che c'interessa, però, è un altro: a quanto sembra, la vita cominciò a prosperare non appena la diminuita frequenza del bombardamento meteoritico rese possibile la definitiva solidificazione della crosta terrestre, e la comparsa dei proto-oceani.

Cosa ne dobbiamo concludere? Che la vita sia una conseguenza inevitabile della chimica, e nasca in un tempo astronomicamente breve ovunque le condizioni locali lo consentano? Avendo la possibilità di esaminare solo la Terra, sembrerebbe proprio così. Forse, quando avremo setacciato per bene anche la superficie di Marte, e magari saremo riusciti a spedire una trivella gigante a forare la crosta ghiacciata dei satelliti di Giove, fino a raggiungere gli oceani che vi si nascondono, ne sapremo qualcosa di più. Finora, però, le sonde spedite su Marte allo scopo precipuo di cercarvi la vita – o almeno del materiale che possa in qualche modo essere correlato alla vita – non hanno fornito risultati incoraggianti. Eppure, i geologi hanno ricostruito le fasi dell'evoluzione del Pianeta rosso, e sono giunti ad accertare oltre ogni dubbio che esso ha ospitato oceani di acqua allo stato liquido per centinaia di milioni di anni. Laggiù, le condizioni sarebbero state favorevoli alla comparsa della vita, ma pare che non se ne sia fatto nulla. E allora?

D'altra parte, siamo solo all'inizio dell'esplorazione del Cosmo alla ricerca di vita, e forse è troppo presto per tirare fuori conclusioni che vorrebbero essere generali, basandosi solo sul caso terrestre. Bisogna però ammettere che, se tra molto tempo l'esplorazione di Marte mostrasse con certezza che la vita non vi ha fatto almeno una fugace comparsa neppure quando c'era un'atmosfera, oceani, fiumi, vulcanismo e così via, dovremmo rivedere la posizione che ho descritto poc'anzi. Forse, la vita potrebbe non essere una conseguenza così inevitabile e immediata della chimica. Ripeto: alcuni scienziati, basandosi sul rapido apparire della vita sulla Terra, e su considerazioni biologiche piuttosto complesse, ritengono che la chimica conduca

spontaneamente alla vita ovunque le condizioni ambientali lo permettano. Tendenzialmente, anch'io la penso così, ma con le debite precisazioni che emergeranno più avanti nel discorso.

Nel frattempo, due scuole accademiche in radicale opposizione (di metodi) si fronteggiano nel tentativo di capire com'è sorta la vita sulla Terra. Entrambe concordano nell'affermare che, pur se i biologi riuscissero a costruire qualche forma di vita davvero *elementare*, non ci sarebbe alcuna garanzia che il metodo seguito in laboratorio sia stato lo stesso che Madre natura ha messo in atto per giungere alla prima cellula vivente. In ogni caso, se gli studiosi riuscissero a tirar fuori uno straccio di vita qualsiasi, ciò rappresenterebbe un progresso enorme nelle nostre conoscenze. È difficile sapere chi, dove e quando riuscirà per primo nell'impresa, ma ormai la cosa è nell'aria, e gli addetti ai lavori si aspettano, entro poco tempo, grosse sorprese. E vediamo quali sono queste due scuole.

La prima si potrebbe definire: "Dal basso verso l'alto" (*bottom-up*). Si prefigge lo scopo di partire dalla materia inanimata, costruire le molecole organiche necessarie all'esistenza della vita e, con pazienza, sbagliando e riprovando, fabbricare un'entità che possieda almeno le principali tra le caratteristiche che associamo al concetto di *vita*, vale a dire: un metabolismo che le consenta di continuare a esistere e funzionare alla presenza di adeguate fonti di cibo ed energia, e perfino di *mutare* e duplicarsi, di riprodursi, in circostanze adeguate. Insomma: dati i mattoncini fondamentali, riuscire a montare una proto-cellula funzionante. La definizione "*bottom-up*" va intesa in questo senso: dal basso (materia inorganica) all'alto (vita primordiale).

La seconda scuola adotta un approccio radicalmente diverso: dall'alto verso il basso (*top-down*). Data una cellula vivente fra le più semplici, si comincia a togliere un pezzettino da una parte e uno dall'altra, specie lavorando sul DNA, per vedere a che punto la cellula cessa di funzionare e, di conseguenza, non è più *viva*. In questo modo, si spera di riuscire a individuare i pezzi fondamentali della vita, in assenza dei quali essa smette di essere tale.

Ovviamente, i due approcci non sono contrapposti come due partiti politici dalle vedute radicalmente diverse. A volte ci può essere qualche screzio tra gli scienziati, poiché entrambe le metodologie non sono esenti da critica. Nel caso *top-down*, bisogna per forza partire da entità vitali molto evolute, come le cellule attuali, e non è detto che si riesca a *smontarle nel modo giusto* fino a ricostruire il percorso seguito davvero dalla natura nel generare le prime forme di vita. Magari, ci sono *tanti sistemi possibili* di smontaggio, e ormai è pressoché impossibile sapere dove mettere le mani. Analogamente, nel caso *bottom-up*, non si può escludere a priori che esistano *molte* organizzazioni chimiche diverse, ciascuna delle quali conduce a una forma di vita, e

quella che si è affermata sulla Terra è solo una fra le tante. Magari, ha avuto il maggiore successo per puro caso, come cominceremo a capire in breve. In ogni caso, questi due approcci sono strettamente legati fra loro, poiché complementari: se entrambi avessero successo, giungeremmo a comprendere un'infinità di cose in più sull'origine della vita. Anche se – e perdonatemi se insisto – nulla può garantirci che la natura abbia seguito percorsi analoghi, nel costruire il primo spezzone di vita sul nostro pianeta. Forse, ci si chiarirà qualcosa in più quando faremo la conoscenza di un signore che si chiama LUCA (tutto maiuscolo), nella prossima sezione.

L'idea oggi più gettonata è che, in acque forse molto profonde e in prossimità di sorgenti vulcaniche sottomarine, dove le eruzioni distribuivano nelle calde acque dei dintorni grandi quantità di molecole un po' instabili, in particolare composti di zolfo e fosforo, che si spezzavano senza sforzo e cedevano la loro energia (la quale serve a costruire altre molecole, specie quelle usate dalla chimica della vita), deve essersi formato un *filamento*. Di cosa si trattava? Di una molecola sul tipo dell'RNA – e tra poco vedremo perché non DNA – il cui *scheletro* era formato di composti di carbonio sul tipo di quelli che si usano oggi per i polimeri industriali. Proprio su tale scheletro erano attaccate le quattro *lettere* che s'incontrano anche nel DNA (adenina e così via). Questa molecola di RNA conteneva il più semplice dei messaggi chimici che ci aspettiamo da una proto-vita: “COPIAMI”. Ragion per cui, alle *lettere* del messaggio se ne attaccavano altre, sempre del tipo A-T-C-G, presenti per caso nei dintorni, e si formava un nuovo filamento simmetrico il quale, poi, si staccava. Certo: con un tipo di riproduzione così rudimentale non possiamo pretendere che già esistessero i raffinati strumenti di correzione che troviamo oggi nelle cellule viventi, come vedremo in una sezione successiva, per cui le *mutazioni* casuali da una generazione all'altra erano all'ordine del giorno. Riproduzione e mutazione: nasce la proto-vita ed è immediatamente assoggettata alle leggi di Darwin. Ma ne parleremo più avanti, con tutta la calma necessaria.

Breve confessione: non ho detto che, nelle *moderne* molecole di RNA, la Timina è sempre sostituita dall'Uracile, ed è questo a legarsi all'Adenina. Mi perdonate?

In verità, nel paragrafo precedente, ho sintetizzato forse un po' troppo. Siccome in questo libretto non mi è lecito dilungarmi più di tanto sui meccanismi di costruzione molecolare, accenno appena ad alcuni problemi da affrontare, e ad alcuni vantaggi offerti dal carbonio nel guidare la chimica inorganica verso la vita. In primo luogo, ho omesso d'informarvi che, già nello spazio interstellare, nelle grandi nubi di gas e polvere dalle quali si condensano stelle e pianeti, c'è una quantità immensa di molecole organiche, dalla semplicissima formaldeide, fino a zuccheri un po' complessi. Durante la formazione della Terra, la temperatura superficiale del pianeta

era troppo alta perché questi composti sopravvivessero. Quando, poi, la crosta solidificò, la continua, lenta caduta di polveri rimaste in zona attraverso i densi strati atmosferici, condusse sulla superficie – specie negli oceani primordiali – grandissime quantità di questi composti organici, e non si può per niente escludere che la loro presenza abbia per lo meno accelerato l'origine della vita, fornendo già un substrato di mattoncini di “Lego” pre-biologico.

Ora, invece, incontriamo una prima difficoltà, che si trova a monte di tutto il resto del discorso. La molecola basilare di carbonio, dalla quale si costruiscono poi tutte le altre, è l'umilissima anidride carbonica, il cui simbolo chimico è  $\text{CO}_2$ , presente in soluzione acquosa. Purtroppo, il  $\text{CO}_2$  è una molecola assai *stabile*, e non è facile spaccarla per costruirci qualcos'altro. Gli organismi attuali hanno inventato sistemi molto efficienti per frantumarla, e dobbiamo pensare che, anche prima che esistesse la vita, la presenza di reagenti chimici sciolti nell'acqua agevolasse questo processo (le famose molecole instabili ricche di energia). Quando, finalmente, il  $\text{CO}_2$  allenta i suoi legami, tutto diventa più facile. Gli atomi di carbonio, una volta liberati dall'ossigeno, creano altri legami stabilissimi tra di loro, si formano catene di lunghezza enorme (forse illimitata) con valenze libere residue, alle quali è possibile attaccare un po' di tutto. Per intenderci: quando si dice che il DNA è *una sola molecola*, pur con tutti i suoi miliardi di *basi o lettere*, s'intende proprio che è *una di numero*, e le quattro basi grazie alle quali si scrive il libro della vita, devono essere protette e agganciate a un vero e proprio *scheletro* di strutture complesse e stabili, basate sempre sul carbonio. Due o tre miliardi di basi, equivalgono perciò a diverse centinaia di miliardi di atomi di carbonio, tutti appiccicati per comporre una sola molecola! Se tornate alle Figure 1 e 2, la banda grigia alla quale si attaccano A-T-C-G schematizza per l'appunto lo *scheletro*. In esso, spezzoni di molecole di carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto e fosforo si agganciano come vagoni di un treno senza fine, e le sequenze di *lettere* ne sono un po' i *passaggeri*. E dopo aver appena accennato ai problemi preliminari alla costruzione del primo segmento di RNA **COPIAMI**, possiamo riprendere il discorso.

Abbiamo parlato di RNA e non DNA. Il motivo va cercato nell'estrema semplicità cui può ridursi una molecola di RNA, mentre il DNA è una struttura complessa, evoluta, stabile, e chi più ne ha più ne metta. Ciascun essere vivente ha il proprio: una molecola in doppia copia come misura di sicurezza per la correzione di errori di trascrizione (ma possiede anche altre caratteristiche per evitare problemi di duplicazione), con le due eliche attaccate l'una all'altra in modo che non ci si possa infilare qualche altra molecola estranea e confondere il messaggio genetico, e per di più arrotolata. Difficile pensare che una proto-vita sia sorta da una configurazione

così strutturata, mentre è più ragionevole pensare a uno spezzone di RNA, aperto e copiabile direttamente dalle molecole circostanti. E qui non posso evitare di parlare un attimo degli *enzimi*.

Chiunque abbia studiato un po' di chimica, ricorderà di aver sentito parlare di reazioni molto facilitate dalla presenza di sostanze che, a prima vista, sembrano entrarci come i cavoli a merenda. Sono i cosiddetti *catalizzatori* i quali, apparentemente, restano inerti durante la reazione. Probabilmente, hanno qualche effetto (polarizzazione delle orbite elettroniche più esterne?) sugli atomi coinvolti direttamente nella reazione, perché accelerano molto il verificarsi di quest'ultima. Qualcuno, forse, avrà addirittura usato la *spugna di platino* ma, se pure così non fosse, il concetto di *catalizzatore* dovrà appuntarselo bene. Ora: cosa sono gli *enzimi* che ho appena nominato? Si tratta di proteine la cui unica funzione biologica è di agire come catalizzatori, affinché la costruzione di altre proteine, dalle funzionalità vitali più dirette, avvenga in tempi rapidi. A differenza della spugna di platino, però, gli enzimi hanno un modo di funzionare più complicato (ti pareva!) e quasi *meccanico*. Infatti, essi *agganciano* la molecola sulla quale agiscono, la *rigirano*, e alla fine la conducono a *incastarsi* nel modo giusto là dove serve. Deve trattarsi di proteine di grosse dimensioni, se riescono in un gioco così complicato, non vi sembra? Un altro dei motivi per cui, pur usando i mattoncini di Lego più piccoli, vale a dire gli atomi, la costruzione delle molecole vitali finisce per dar luogo a *oggetti grandi*.

Una risposta si porta appresso la successiva domanda: quanto sono efficienti gli enzimi? O, se preferite: servivano proprio? Qui sorge il nuovo problema. In alcuni casi, si potrebbe dire che le reazioni sono accelerate dagli enzimi mille, un milione, un miliardo di volte, e gli ordini di grandezza potrebbero essere giusti, Ma ci sono situazioni più delicate, nelle quali le reazioni non avverrebbero *proprio per niente*, e solo la presenza degli enzimi apre l'uscio attraverso il quale si riesce a forzare queste reazioni, e per di più con la necessaria velocità. Insomma: gli enzimi sono così indispensabili, che la vita non potrebbe farne senza.

Ai tempi remoti della proto-vita, però, è difficile pensare che già esistessero proteine altamente complesse come gli attuali enzimi. Eppure, si dimostra per mezzo di modelli matematici, anche piuttosto semplici e dai risultati indubitabili, che un po' di *catalizzatori* dovevano pur esserci, altrimenti la lettura e duplicazione del primo segmento di RNA che conteneva il messaggio "**COPIAMI**" sarebbe stata troppo lenta e, nel frattempo, la decomposizione (in senso lato) delle molecole coinvolte avrebbe avuto la meglio. Può sembrare un problema secondario, ma non lo è, anzi: dal punto di vista biologico sembra del tutto insormontabile, per cui ci si è scervellati su quali

potessero essere eventuali catalizzatori naturali, magari inorganici, che riuscissero a far pendere dal lato giusto la bilancia “Copiatura / Decomposizione”. Come in tutto ciò che riguarda l’inizio della vita, pure qui le idee sono controverse. Un esempio: si è visto che i micro-cristalli di pirite possono agire, nelle opportune condizioni chimiche, come catalizzatori (non molto efficienti, per dirla tutta) per la formazione di molecole organiche un po’ strutturate. In altri casi, perfino la semplice argilla può essere un modesto catalizzatore (quale fu il materiale usato da Dio per fabbricare il corpo di Adamo? Sto scherzando: Dio si è servito di metodi molto più raffinati, e li vedremo andando avanti nella lettura).

Insomma: bisogna ammettere che, per quanto riguarda il primo segmento di RNA auto-replicante in

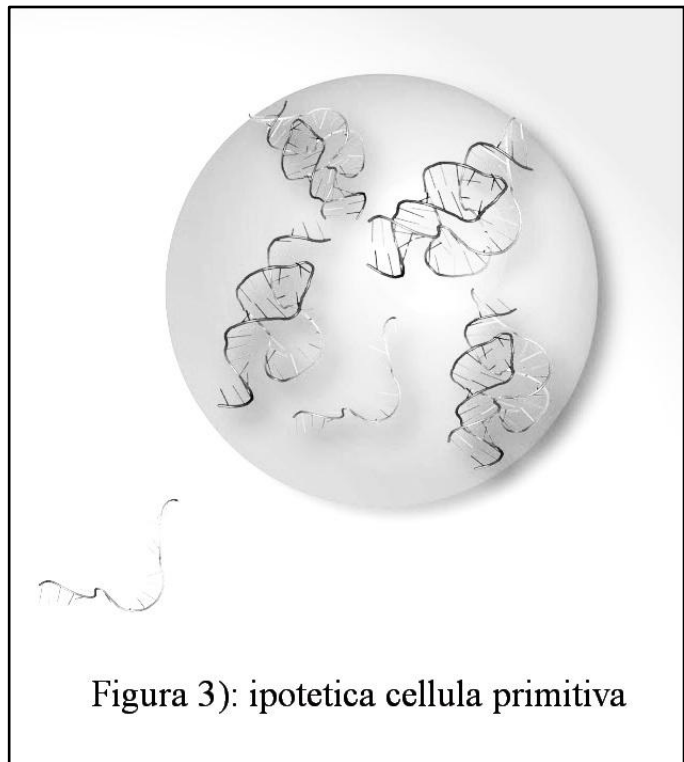


Figura 3): ipotetica cellula primitiva

modo efficace, ne sappiamo poco o nulla. Di certo, in un determinato momento esso è venuto al mondo come prodotto molto peculiare della normale chimica, e doveva perfino possedere un *guscio* che lo proteggesse dagli agenti esterni indesiderati, mantenendo al proprio interno le molecole utili, e riuscendo a espellere i *rifiuti* mentre faceva entrare gli *alimenti*. La più semplice struttura cellulare vivente, che doveva somigliare abbastanza allo schema semplificato in Figura 3. Insomma: quel che cercano di costruire sia i signori che seguono l’approccio *bottom-up*, sia quelli che preferiscono il *top-down*. Badate: parlo poco del *guscio* (la cosiddetta *membrana*), non perché non sia importante, ma solo perché la sua formazione sembra essere un po’ più automatica e comprensibile, quando ci siano in giro molecole un po’ particolari (i cosiddetti fosfolipidi) che attirano l’acqua da un lato, e la respingono dall’altro. Queste molecole, tendono già per conto loro ad aggregarsi in *gusci*. Insomma, ancora non sappiamo come, e forse non sapremo mai nei dettagli, ma siamo arrivati al primo essere vivente in senso stretto, Il punto fondamentale già accennato, e che poi ripeteremo alla nausea è il seguente: già quando il più rudimentale spezzone di RNA tentava di riprodursi, era entrato in gioco Sir Charles Darwin, e costringeva le molecole proto-vitali a ballare al ritmo della sua musica. Quale sia questa musica, lo vedremo nella prossima sezione.



## 4) – LUCA, gli antenati e i discendenti

La proto-cellula con cui abbiamo a che fare possiede, come abbiamo ormai capito, un filamento di RNA nel quale sono codificate, con ogni probabilità per mezzo delle stesse quattro lettere che oggi “scrivono” il messaggio nel DNA (ma se pure così non fosse il discorso che c’interessa rimane identico), tutte le istruzioni indispensabili non solo alla propria replica, ma anche a specificare quali sono le proteine che servono a far funzionare un rudimentale proto-metabolismo. Ripeto: come abbia fatto la natura ad arrivarci ancora non lo sappiamo ma, se una vita molto più evoluta di questa ha lasciato le sue tracce fossili già 3,6 miliardi di anni fa, poco dopo (su scala cosmica) che il bombardamento meteoritico smettesse di distruggere a ripetizione la superficie terrestre, sembra almeno *probabile* che la chimica contenga, in germoglio, le basi della vita. Un germoglio che, per sbocciare, potrebbe aver richiesto un periodo cortissimo, oppure non troppo breve: magari qualche centinaio di milioni di anni.

La cosa che manca alla proto-cellula – fortunatamente, e vedremo perché – è un meccanismo di correzione efficace, che prevenga *errori di copiatura* nel momento in cui il filamento di RNA si sdoppia per costruire un’altra proto-cellula, che *dovrebbe* essere identica alla prima. L’esperienza di laboratorio su DNA e RNA insegna, infatti, che gli errori di copiatura durante la riproduzione possono essere molto frequenti. Magari, all’interno di un gruppo d’istruzioni per la sintesi di una proteina, s’inserisce, per puro caso un altro blocchetto d’istruzioni che, preso a sé, non significa nulla. Un po’ come se, in un libro, molto spesso le parole contenessero al proprio interno altri caratteri, un po’ a cashyaccreio, e la sua lettgdura risuffltrasllte dlitiffbvilcitle se non imp% @s#oss\$fib?^%°ile. O, magari, mancao cartri imprnti. E qui, un aneddoto.

Lo scrittore Borges, nel suo racconto “La biblioteca di Babele”, narra di una biblioteca composta d’infiniti libri, in ciascuno dei quali i caratteri tipografici si susseguono a caso. Per avventura, sfogliando questi libri, si può incontrare qua e là una parola di senso compiuto; molto più raramente una frase intera, eppure sappiamo che, come conseguenza dell’infinità della biblioteca, tutti i capolavori della letteratura già scritti o ancora da scrivere, tutti i testi scientifici che spiegano ciò che conosciamo e ciò che ancora non conosciamo, e così via, sono presenti in questa biblioteca, sempre come frutto del puro caso. Il problema è che non sappiamo dove, e generazioni di bibliotecari si susseguono cercando, pagina per pagina, parola per parola, un frammento interessante.

Con questo inciso in mente, torniamo alla proto-cellula. Duplicandosi, ne produrrà altre che, molto spesso, si presenteranno un po' diverse dall'originale. Nella maggior parte dei casi, le differenze saranno di nessuna importanza pratica; in altri casi, il funzionamento delle proto-cellule figlie ne sarà pregiudicato e queste moriranno o, comunque, vivranno un'esistenza grama, e così pure le loro figlie delle figlie – ammesso che riescano ad averne. Esisteranno, però, rarissime eccezioni nelle quali gli errori casuali nella duplicazione avranno un effetto benefico nelle proto-cellule figlie. Nell'analogia della biblioteca, saltuariamente si avrà una parola di senso compiuto, o una frase. Queste proto-cellule figlie più fortunate saranno più efficienti nel riprodursi, o nel procurarsi il cibo a scapito delle loro sorellastre per cui, dopo un po' di tempo, saranno loro a dominare il campo, relegando le proto-cellule di vecchio tipo in nicchie ecologiche senza uscita, o facendole addirittura estinguere.

Ora bisogna introdurre il concetto di *fitness* che, in Italiano, si traduce spesso con “valenza evolutiva”. L'originale in Inglese, però, rende meglio l'idea e, dopo averlo spiegato, seguirò a usarlo in tutto il resto del libro. Affinché la cosa sia comprensibile, dovrò lasciar stare – solo per un breve tratto – la proto-cellula, e venire a qualcosa di più familiare. Userò come esempio un gatto selvatico, perché di gatti abbiamo tutti esperienza. Immaginiamo, perciò, una situazione in cui convivano gatti, topi e furetti. È abbastanza ovvio che gatti e furetti siano in lizza per assicurarsi i topi disponibili e, essendo entrambi animali piuttosto aggressivi, inneschino spesso battaglie tra loro, dalle quali non è detto che i furetti, solo perché sono più piccoli, escano sempre perdenti; anzi!

Adesso, perturbiamo questo quadro. Supponiamo, infatti, che una mutazione casuale (stavolta nel DNA, e vedremo come ne possono accadere) conduca alla nascita di una nidiata di gattini con le unghie più lunghe del normale. Crescendo, anche loro lotteranno contro i furetti, ma il vantaggio dovuto alle unghie farà sì che questi super-gatti escano vincenti più spesso, e riescano a nutrirsi meglio. Come conseguenza, è probabile che riescano anche a riprodursi più facilmente degli altri gatti, passando alla prole il beneficio degli artigli più potenti. Al passare delle generazioni, i gatti dalle unghie lunghe finiranno per soppiantare del tutto gli altri. In termini darwiniani, si dice che questi gatti possiedono una *fitness* maggiore rispetto a quelli dalle unghie più corte. Di conseguenza, possiamo intendere la *fitness* come un migliore equipaggiamento corporeo e un migliore adattamento all'ambiente.

Qui, però, è necessario prestare molta attenzione. Ripensiamo alla situazione ora descritta, modificandola come segue: la regione geografica in cui vivono le tre specie (gatto, topo, furetto) è molto a Nord, dove fa freddo e, spesso, il suolo è gelato. I furetti non vivono volentieri in queste località, per cui ce ne sono pochi, e

difficilmente innescano lotte con i gatti. Con queste premesse, anche qui nasce il super-gatto con gli artigli più lunghi. Che cosa succede? Che il vantaggio nei combattimenti è marginale, mentre si presenta un immediato svantaggio: avviene spesso che, mentre il super-gatto insegue un topo, gli artigli sporgano troppo e scivolino sul ghiaccio, per cui la caccia va a vuoto. Potremo dire, anche in tali condizioni, che la *fitness* dovuta a questa mutazione è positiva? Proprio per niente! I gatti con gli artigli troppo lunghi mancheranno la preda più spesso degli altri, e in poche generazioni si estingueranno. La *stessa* mutazione si è affermata in un caso, è sparita nell'altro. Di conseguenza, bisogna stare molto attenti quando si usa il concetto di *fitness*. Non è la mutazione a determinare necessariamente una *fitness* migliore: molto dipende anche dall'ambiente (che è qualcosa di assai più complicato, rispetto a come l'ho schematizzato nell'esempio qui sopra) in cui la mutazione ha luogo. Ricordatevelo bene, questo concetto.

Torniamo alla proto-cellula. Ogni mutazione che possieda una *fitness* positiva finisce per fissarsi definitivamente, e le mutazioni con *fitness* positiva, cumulandosi via via una appresso all'altra, conducono a organismi sempre più efficienti. Qui, il paragone con la biblioteca di Babele di Borges salta, e perché? Perché è come se, ogni volta che un bibliotecario trova qualcosa di senso compiuto, lo comunichi a tutti gli altri e, da quel momento in poi, ogni nuovo libro esaminato contenga *almeno* quella parola o quella frase di senso compiuto. Questa è la modifica del paragone, rispetto a Borges: pian pianino, si verranno a costruire libri nei quali ci sono meno stringhe di caratteri prive di senso, e più stringhe che significano qualcosa. La via per produrre un capolavoro letterario è ancora lunga, ma non è più la vana ricerca di un libro che, per puro caso, contenga già il capolavoro tutto completo.

La base dell'evoluzionismo darwiniano è proprio questa: da una generazione all'altra possono prodursi mutazioni casuali, e alcune di queste mutazioni possono fornire al portatore una migliore *fitness* per cui, da qualcosa di estremamente primitivo, si produce via via qualcosa di più efficiente. Efficiente ma *complesso*, e dobbiamo anche ragionare un momento sulla *complessità*. In effetti, se pensiamo alla proto-cellula col suo spezzone molto risicato di RNA, appena sufficiente a duplicarsi in un ambiente favorevole dove il vulcanismo riempiva l'acqua di molecole nutrienti, è difficile pensare che le proto-cellule mutate, e dotate di maggior *fitness*, non avessero un pezzetto in più di RNA, in modo da svolgere anche qualche funzione biochimica che la generazione precedente non possedeva. Magari, allontanarsi un po' dalla sorgente vulcanica e nutrirsi ugualmente nonostante una concentrazione più diluita di nutrienti. Questo implica per forza di cose una *complessità* leggermente maggiore.

Qui mi permetto d'introdurre una breve digressione sui motivi per cui gli scienziati non si aspettano di trovare, su altri pianeti, vita *non basata sull'atomo di carbonio*, che così buona prova ha dato qui sulla Terra. La fantascienza, infatti, ha provato a immaginare vite aliene fondate sull'elemento che, nella Tavola periodica di Mendeleev, è l'omologo più pesante del carbonio, e cioè il silicio. Anche, e soprattutto perché, su scala cosmica c'è molto più silicio che carbonio. Col silicio, però, le cose non vanno bene. Il punto è il seguente: le molecole della vita sono di dimensioni notevoli (a parte il caso estremo del DNA, che contiene più di *tre miliardi di "lettere"*, ed è *una molecola sola*), e ciò richiede che l'elemento base possa collegarsi in modo *robusto* non solo con altri elementi, *ma anche con se stesso*, formando lunghissime catene. Invece, i legami chimici silicio – silicio sono deboli. Si riescono a formare in laboratorio catene relativamente lunghe, ma queste sono molto instabili. Inoltre, la cosa funziona solo con catene *ripetitive*. Vale a dire che non vi si possono intercambiare a piacere le derivazioni laterali (le famose quattro *lettere* dell'alfabeto della vita). Insomma: col silicio non si riesce a *scrivere* granché.

Inoltre, c'è un problema assai più grave, e riguarda l'acqua. Per motivi che non starò qui a dettagliare, l'acqua è quanto di più vicino possa esistere a un *solvente universale*, nel senso che scioglie una varietà enorme di sostanze, specie organiche. In particolare, la principale molecola basata sul carbonio, e cioè l'anidride carbonica che, combinandosi un po' con tutto, rappresenta la chiave per costruire molecole sempre più complesse, è solubilissima in acqua. Di conseguenza, siamo convinti che la prima molecola "vitale" sia nata in acqua e, comunque, l'acqua rappresenta una frazione consistente del peso di ogni essere vivente. Domandiamoci ora cos'è l'equivalente del CO<sub>2</sub>, ma sostituendo il silicio al carbonio. Sorpresa: il SiO<sub>2</sub> altro non è altro che il cristallo di quarzo, durissimo, inattaccabile dall'acqua. Per costruire un'eventuale vita basata sul silicio, dunque, non solo ci sono difficoltà intrinseche con le molecole di grandi dimensioni, ma manca addirittura la possibilità di compiere il primo passo: sciogliere il SiO<sub>2</sub> in acqua per consentire al silicio di combinarsi con altre molecole. Fine della digressione.

Torniamo alle proto-cellule che, per mutazione spontanea del loro RNA, crescevano di complessità e acquistavano funzionalità sempre nuove. Finché una mutazione più consistente delle altre, o più probabilmente una serie di mutazioni che sono andate tutte nella stessa direzione, hanno condotto alla duplicazione, all'interno della stessa proto-cellula, di una molecola di RNA la quale, anziché andarsene per suo conto a costruire una nuova unità vivente, si è saldata alla molecola di RNA che le aveva dato origine, costruendo il primo segmento di *doppia* elica. Da questo momento in poi, le mutazioni sono diventate molto più difficili, perché c'erano due

copie, e non una sola, del filamento contenente la *memoria* del progetto della cellula, e la strada verso il DNA era ormai spianata. Possiamo, ormai, parlare di vere e proprie cellule, sicuramente molto rudimentali, così semplici rispetto a quelle attuali che ancora non sappiamo come funzionassero, in grado di riprodursi lentamente ma regolarmente, mantenendo una certa stabilità nelle acquisizioni evolutive favorevoli. Il loro nome è “cellule *procariote*”, dal Greco: *pro* = *prima*, e *kàryon* = *nucleo*, perché il DNA se ne va in giro per tutta la cellula, e ancora non esistono il nucleo che lo confina e protegge, e gli organelli deputati alle varie funzioni.

Non mi sono dilungato sui meccanismi responsabili delle mutazioni: ne farò cenno qui. Possono essere di tipo chimico, e anche fisico: diciamo due parole su entrambi. Quelli chimici possono essere dovuti a un'infinità di cause: la mancanza di un atomo al momento giusto, la presenza di due molecole identiche in competizione tra loro durante la duplicazione di un segmento di *memoria* (e a questo punto non fa più differenza se stiamo ancora parlando di RNA, o già di DNA), per cui si ha un *raddoppio di lettere*. Magari c'è una molecola la quale, a causa di un gruppo chimico troppo reattivo che si trova nei paraggi durante la fase di copia, si spezza e provoca una modifica sostanziale nella copia, e possiamo anche pensare a un pezzo di copia che, per sbaglio, si attacca in coda a un altro pezzo che doveva restare libero, e via scorrendo. Le possibilità chimiche sono davvero tantissime, ed è probabile che il lettore riesca da solo a inventarne di possibili, anche se non proprio *tutte* sono possibili. E passiamo ai meccanismi fisici. Questi sono dovuti essenzialmente alla radioattività naturale. Il pianeta Terra contiene elementi radioattivi i quali, decadendo, mettono in giro elettroni o altre particelle di altissima energia. Se queste ultime colpiscono una molecola qualsiasi, e in particolare quella di DNA, sono in grado di spaccare tutto per cui, quando poi i meccanismi di riparazione presenti all'interno della cellula cercano di rammendare il buco, possono sbagliare un po' il modo di riagganciare i pezzi, e addirittura *inventarsi* frammenti nuovi, che prima non c'erano. Inoltre, dal cielo piovono giorno e notte radiazioni di altissima energia, i famosi Raggi cosmici, e pure questi frantumano tutto quello che incontrano. Insomma: non c'è luogo sulla superficie terrestre, nelle profondità oceaniche, nelle caverne e così via, che sia riparato dalla radioattività terrestre o celeste, per cui ogni forma di vita è destinata a mutare senza che possa esserci rimedio. Ne sanno qualcosa i fisici, quando cercano di schermare qualche apparecchiatura rispetto alle radiazioni circostanti: è quasi impossibile (non del tutto, però occorre far lavorare l'ingegno umano).

In ogni caso – e questo è un argomento essenziale, che va sempre tenuto ben a mente quando si discute di biologia – perfino il filamento di proto-vita: “**COPIAMI**”

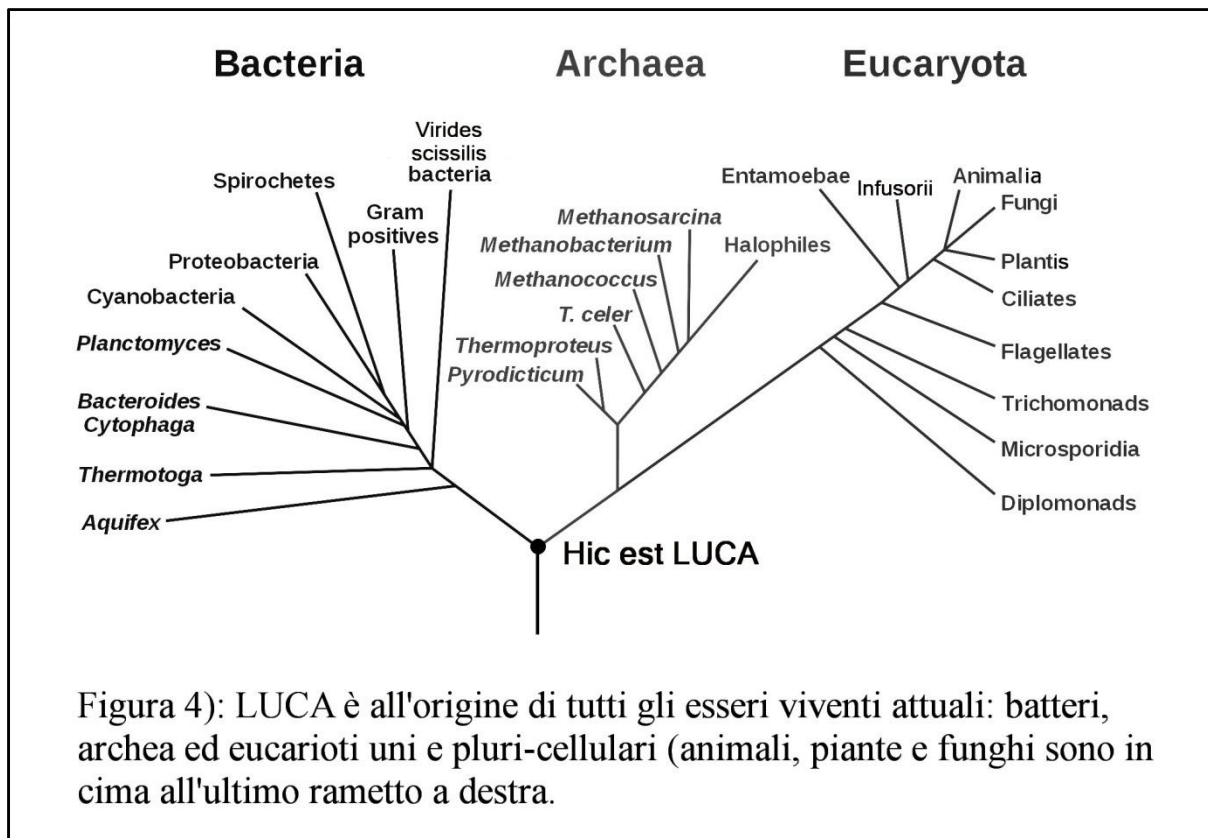
è stato assoggettato, fin dall'inizio, alle leggi di Darwin. Se c'è vita c'è Darwin, potrebbe essere la parafrasi di un noto proverbio, e di conseguenza le mutazioni hanno cominciato da subito ad aumentare la *fitness* del filamento: "COPIAMI". Costui è evoluto molto rapidamente verso un "COPIAMI BENE", per poi diventare un "COPIAMI BENE E IN FRETTA" e... il resto lo lascio a voi; ormai dovrebbe essere chiaro.

Avevo promesso di presentarvi LUCA, e questo è il momento. Chi è costui? LUCA è l'acronimo di: "*Last Universal Common Ancestor*". Interessante, certo, ma cosa diavolo significa? Ora cerco di spiegarvelo.

Le cellule primitive, al passare dei milioni (e miliardi) di anni, hanno seguito a mutare, differenziarsi e aumentare di complessità. Un passo fondamentale è stato quello di diventare capaci di *fotosintesi*, e cioè di catturare la luce del sole per trasformarla in energia interna, disponibile poi per le necessità metaboliche. In questo modo, esse si sono liberate dal vincolo di aggirarsi sempre attorno alle sorgenti vulcaniche per nutrirsi di molecole piene di energia, giacché l'energia la trovavano dovunque ci fosse un raggio di sole. È stata l'epoca della grande diffusione della vita in tutti gli oceani. In pratica, queste cellule sono diventate, sempre per mutazione casuale, in grado di produrre la *clorofilla*, il pigmento che continua a *nutrire* tutti i vegetali anche ai giorni nostri, perché è una molecola assai efficiente nel catturare la luce solare e trasformarla in energia interna alla cellula. Va notato, comunque, come la clorofilla sia una molecola piuttosto complessa, in cui oltre un centinaio di atomi devono incastrarsi al posto giusto, e di conseguenza non c'è da meravigliarsi se ci siano volute centinaia di milioni di anni prima della sua sintesi accidentale. Le rocce chiamate *stromatoliti*, di cui ho già parlato, e che risalgono a circa 3,6 miliardi di anni fa, contengono traccia proprio di queste cellule foto-sintetiche. Di conseguenza, la vita primordiale deve essere nata ancor prima.

Siamo arrivati a LUCA. È probabile che costui sia stato la prima cellula in grado di sfruttare la luce solare, o che sia vissuto non moltissimo tempo dopo (ricordate, comunque, che stiamo parlando di scale temporali ancora enormi, quasi cosmiche). Infatti, ogni mutazione che incrementi la *fitness* di un organismo compare, per la prima volta, in un solo essere, e poi si trasmette alle generazioni successive. È Darwin che parla, e perciò giù il cappello. Capirete bene, di conseguenza, che l'evoluzionismo darwiniano prevede per forza di cose il *monogenismo* – ossia la mutazione chiave appare *in un solo individuo* – e non certo il *poligenismo*. Da ricordare, perché il discorso si applica pari pari all'evoluzione di qualsiasi nuova specie, *compresa quella umana*. Restiamo, però, a LUCA: i suoi discendenti erano abbastanza più efficienti delle altre cellule per cui, al passare del tempo, le hanno

sostituite completamente conducendole pian piano all'estinzione, poiché i nipoti di LUCA finivano per vincere, in media, la maggior parte delle piccole battaglie di allora per procurarsi il cibo. Così, sono stati i discendenti di LUCA a differenziarsi a loro volta, dando origine non solo ai moderni organismi fotosintetici unicellulari, ma anche alle cellule composite (eucariote, e ne parleremo nella prossima sezione), e poi ai primi esseri multicellulari, alle piante e, infine, ai pesci, agli anfibi, e agli animali che hanno popolato non più soltanto le acque ma, seguendo l'espansione delle piante, anche la superficie delle terre emerse. Per giungere fino a me e a voi che, come i gatti



e i lombrichi, le stelle marine e le felci, i baobab e i batteri che ancora vivono nei fondali oceanici, siamo tutti discendenti di LUCA, quell'unica cellula che, grazie a una mutazione particolarmente favorevole, spiazzò tutte le altre e s'impadronì, senza ovviamente saperlo, dell'intero pianeta Terra. Mi spiace di non potervelo presentare di persona, ma, per lo meno, in Figura 4) è raffigurato l'albero genealogico della sua discendenza, tutto in Latino per rispetto a questo nostro importantissimo antenato!

## 5) – Cannibalismo proficuo

Siamo al punto in cui è necessario parlare un po' delle scale temporali relative ai fenomeni in esame. In una precedente sezione abbiamo detto che la vita non tardò a manifestarsi poco tempo dopo che cessò, circa 3,9 miliardi di anni, fa il bombardamento meteoritico, grazie al quale le comete avevano portato l'acqua sul nostro pianeta, ma che rendeva anche impossibile il formarsi di una crosta terrestre stabile. Poiché datazioni così remote sono soggette a un'incertezza non trascurabile, ripeto che non siamo in grado di affermare se la vita sia nata *immediatamente* dopo la stabilizzazione del pianeta, o ci siano volute alcune centinaia di milioni d'anni. In ogni caso, tempi *brevi* su scala cosmica. Ora, invece, le misurazioni cominciano a diventare un po' più precise, e forniscono un quadro, per alcuni versi, inatteso. Qualcosa che ci dà da pensare, specie quando siamo sollecitati da notizie riguardanti la ricerca della vita su pianeti fuori dal Sistema solare. Il quadro è il seguente: una volta che l'evoluzione è giunta a cellule in grado di servirsi della fotosintesi per le loro esigenze energetiche, cosa fa? Risposta: *quasi nulla*.

Specifico meglio quel “*quasi nulla*”, per evitare equivoci. Di sicuro, i discendenti di LUCA saranno andati soggetti a mutazioni di ogni tipo, perché sia quelle connesse a errori chimici di copiatura, sia quelle dovute alla radioattività naturale, non sono eliminabili, come abbiamo visto nella sezione precedente. Alcune di queste avranno di certo fornito ai loro portatori una *fitness* maggiore di quella di LUCA, e ci sarà stata una lotta accanita fra cellule portatrici mutazioni favorevoli diverse per accaparrarsi le risorse alimentari disponibili. Per esempio, il continuo mutare avrà condotto alcune cellule a tornare a nutrirsi di elementi ricchi di energia in prossimità di zone vulcaniche sottomarine, quasi ripercorrendo a ritroso (ma stavolta dopo una lunga evoluzione, e quindi con ben altra efficienza) la strada che avevano percorso le loro antenate mentre miravano alla fotosintesi. Più in generale, si saranno stabiliti degli equilibri sempre instabili tra cellule adatte a condizioni ecologiche differenti, e cellule che sfruttavano in modo diverso le stesse condizioni ecologiche. Insomma, un differenziarsi e arricchirsi continuo delle forme di vita ma... ecco il “*quasi nulla*”: sempre restando cellule *elementari*, nelle quali il filamento di DNA vagava liberamente per tutto lo spazio disponibile, e prive di piccoli organi interni destinati a funzioni specifiche, come per esempio la costruzione di proteine particolari. Una cellula di questo genere viene classificata come “*procariota*” (quindi si parla di “organismi procarioti”), e vi prego di memorizzare questa definizione, perché nel discorso seguente sarà utile ricordarla di quando in quando.



Passa il tempo, e... un momento: quanto ne passa? La risposta è importante, poiché potrebbe essere la chiave di volta di tante ricerche scientifiche; per esempio proprio di quella della vita su pianeti extra-solari. Ne passa davvero tanto. Minuto più, minuto meno, stiamo parlando di circa *due miliardi di anni* nel corso dei quali la situazione appare quasi stazionaria. Le cellule procariote, come abbiamo detto, mutano e si adattano; forse il loro adattamento cresce un po' nel tempo ma, una volta giunte a un certo livello di complessità, più di tanto non riescono a fare. O, per meglio dire, qualcosa combinano, ma indirettamente.

Si tratta di questo: tutti sappiamo che le foreste, con la gran quantità di fotosintesi che avviene nel fogliame, rappresentano il cosiddetto “polmone verde” del pianeta. In realtà, la loro funzione è esattamente opposta a quella del polmone, ma questi sono dettagli semantici. Infatti, la fotosintesi *produce ossigeno consumando CO<sub>2</sub>*, mentre il polmone *assorbe ossigeno e restituisce CO<sub>2</sub>*. Qui, però, c'interessa quanto segue: essendo le cellule procariote generatrici di ossigeno, giacché per la maggior parte campano di fotosintesi (e notate l'uso del tempo presente, perché lo fanno tuttora), al passare del tempo hanno lentamente arricchito l'atmosfera terrestre di ossigeno, e ora s'impone un altro inciso di carattere astrofisico e chimico.

L'atmosfera della Terra primitiva era ben lontana dal somigliare a quella odierna. C'era sicuramente una gran quantità di metano, del vapore acqueo, ammoniaca e, secondo studi recenti, pure idrogeno in misura considerevole. Fu proprio l'azione delle cellule procariote (quelle cosiddette *eucariote*, di cui parleremo diffusamente, contribuirono pure loro, ma vennero molto più tardi) a mitigare questa miscela velenosa, e renderla più favorevole alla vita come la conosciamo oggi. In tempi remoti, esse non potevano assorbire anidride carbonica – come fanno invece ai nostri giorni – perché non ce n'era proprio. Si dovevano contentare di quel che passava il convento e, comunque, riuscivano a spezzare i legami della molecola d'acqua, servendosi dell'idrogeno per i propri scopi biochimici, ma *espellendo l'ossigeno* come rifiuto velenoso. Sì, avete letto bene: *velenoso*. Infatti, l'ossigeno è un elemento assai reattivo, e “brucia” tutto quel che trova. Ossida (arrugginisce) i metalli, aggredisce il metano e lo trasforma in acqua e anidride carbonica (come succede nei fornelli di cucina) e, insomma, se per avventura l'atmosfera terrestre non fosse costantemente rifornita di ossigeno dalle piante e dalle cellule procariote degli oceani, si calcola che in meno di diecimila anni questo gas sparirebbe completamente dall'atmosfera. E qui una considerazione importante.

Quando gli astronomi affermano di cercare vita su pianeti extra-solari, a cosa mirano in realtà? A scoprire tracce di ossigeno nelle loro atmosfere. Infatti, ossigeno significa per forza vita fotosintetica. Potrebbe trattarsi di esseri intelligenti o di un

brodino di cellule procariote, e più avanti capiremo qualcosa sulle probabilità relative, ma non esistono meccanismi chimico-fisici conosciuti per mezzo dei quali possa esistere, in un'atmosfera planetaria, ossigeno in abbondanza (nella nostra è più del 20%), in assenza di vita che lo rigeneri continuamente.

Chiarito questo, si capisce bene come, per lungo tempo, l'ossigeno prodotto dalle cellule contenenti clorofilla si sia combinato coll'ammoniaca e col metano atmosferici producendo, rispettivamente, azoto e anidride carbonica. Insomma: al trascorrere degli eoni, queste semplici cellule hanno trasformato un'atmosfera da noi (non da loro!) irrespirabile, a una respirabile, specie se teniamo presente che buona parte dell'anidride carbonica si scioglieva nell'acqua, l'idrogeno evaporava nello spazio e, in atmosfera, restavano l'azoto (oggi il 78%), l'ossigeno (il 21%), un po' di argon, che è un gas nobile e sta lì senza dar fastidio a nessuno, del vapore acqueo, tracce di CO<sub>2</sub> e altra robetta insignificante. Attenzione, però: già leggendo attentamente questo paragrafo, non si può evitare di porre una domanda importante. Se le prime cellule si nutrivano di quell'atmosfera schifosissima, come hanno fatto, poi, ad abituarsi a quella attuale? Risposta: evoluzione darwiniana. Pare strano, ma la vita originaria del pianeta Terra conteneva in se stessa i germi della propria distruzione. Infatti, creava ossigeno che, per le cellule procariote di allora, non solo era un elemento di scarto, ma addirittura un veleno. Di conseguenza, la vita doveva mutare per adattarsi al cambiamento delle condizioni atmosferiche, e così fece.

Questo è il motivo per cui, quando si chiede: «Ma non sarà possibile trovare, in qualche fondale oceanico, o sotto terra nelle caverne, o in condizioni che, per la vita normale, sarebbero davvero estreme, qualche sacca dove si è conservata la vita primordiale, con le cellule di quasi quattro miliardi di anni fa?» la risposta è per forza di cose negativa. Per ben due motivi: il primo è che, comunque, le mutazioni biologiche avrebbero trasformato eventuali tracce di vita primordiale in qualcos'altro; il secondo, altrettanto fondamentale, è che gli organismi di quei tempi sono andati incontro al suicidio per avvelenamento da ossigeno, e ogni nicchia ecologica oggi pensabile è popolata da cellule che discendono da vita adatta a usare l'ossigeno senza più temerlo. È ben vero che esistono organismi, definiti "estremofili", i quali ci fanno meravigliare per le condizioni "estreme" di temperatura, salinità e altro in cui prosperano, ma si tratta pur sempre di organismi evolutisi *a valle*, e non *a monte*, della grande rivoluzione biologica dovuta alla liberazione di ossigeno nell'atmosfera. Discendenti di LUCA pure loro, per intenderci. Da esso vengono fuori i batteri, noi (gli animali in genere), le piante e i funghi. Bravo, proprio bravo questo LUCA, gran respiratore di veleni!

Insomma: abbiamo capito che quel “*quasi niente*” che avevo buttato là all’inizio di questa sezione, voleva dire in verità: “*un sacco di cose*”. Però, “*un sacco di cose*” non è ancora “*quasi tutto*”, e stiamo per vederlo. Tra l’altro, il titolo della sezione parla di “cannibalismo”. Di cosa si tratta?

Non è facile da spiegare e, difatti, pure i biologi ancora non hanno le idee del tutto chiare. Cercherò di raccontarvi un modello semplificato di quel che deve essere successo un miliardo e mezzo d’anni fa (all’incirca), ma non prendete quel che vi sto per dire come oro colato e, soprattutto, non mettetevi a cercare contraddizioni interne al discorso, perché ce ne saranno di sicuro. Questo è il destino dei “modelli” nella scienza: sono semplificazioni che aiutano l’intuito, ma non pretendono di essere prive di problemi a loro volta.

Ebbene: tutto parte da una cellula che ne ingoia un’altra. Ordinaria amministrazione (è il cannibalismo nel titolo), ma stavolta succede qualcosa di diverso, e così inusitato, che sarà capitato raramente nella storia del pianeta. Quest’assemblaggio di due cellule trova *evoltivamente* utile dividersi i compiti: la cellula ingoiata *protegge* il DNA comune (e capirete che tutto ciò non può essersi verificato senza l’ausilio di mutazioni evolutive di grossa entità) e si occupa solo delle operazioni di *copiatura*; in termini moderni diventa il *nucleo* cellulare. La cellula che ha pappato l’altra, invece, si libera da tutte le incombenze di *copiatura*, e può concentrarsi sulle sole funzioni *metaboliche*. Insomma: le due cellule trovano un modo per convivere in quella che, forse, all’inizio sarà stata una *simbiosi* e poi è evoluta nella prima, vera e propria cellula *eucariota*, e cioè con un nucleo che contiene il DNA, e un corpo esterno in cui si svolgono tutte le funzioni vitali che non hanno direttamente a fare con la riproduzione. Quell’“*eu*” nel nome significa, in Greco, “vero”, per cui le cellule eucariote sono quelle *con un vero nucleo* nel quale il DNA è protetto. Simbiosi e cannibalismi successivi hanno poi condotto altre cellule procariote a funzionare da *organelli*, con migliore distribuzione del lavoro.

Si tratta di un salto evolutivo di portata fondamentale, poiché gli organismi eucarioti hanno una dimensione di gran lunga superiore a quelli procarioti (il loro volume può essere *diecimila volte* maggiore), e la loro complessità, se da un lato li rende più vulnerabili nei confronti di mutazioni genetiche, dall’altro accresce la loro *fitness* una volta che venga azzeccata la mutazione giusta. Inoltre, gli organelli sono dedicati a esigenze chimiche ben precise, un po’ come *raffinerie* microscopiche. Ora, capirete bene che, in un laboratorio di chimica, non si può ottenere più di tanto se si lavora in un padiglione unico, tutti intorno a un pentolone nel quale si dovrebbe versare ogni cosa, e tirar fuori i prodotti finiti, come succede nelle cellule procariote e nell’antro delle streghe. Padiglioni separati, pentoloni diversi e processi chimici

differenziati, come nelle cellule eucariote, e l'antro della strega si trasforma in una raffineria, dove si lavora molto meglio. Un esempio di questi organelli? I *mitocondri*, all'interno dei quali si trovano filamenti di DNA la cui specializzazione è solo quella di gestire il flusso di energia nelle cellule.

Siamo finalmente in grado di rispondere a un interrogativo metafisico che ha travagliato le migliori menti dell'umanità, partendo dagli antichi Greci, passando per Bacone, Cartesio e Kant, per giungere irrisolto fino a Wittgenstein e ai filosofi post-moderni. "È nato prima l'uovo o la gallina?" Con la formazione della prima cellula eucariota, dove ritroviamo sia l'uovo (il nucleo), sia il metabolismo che permette al nucleo di riprodursi (la gallina), la risposta è: "i due sono nati *contemporaneamente*"!

Stavolta, non dovrete mandare a memoria solo la definizione "*cellule eucariote*" (grosse, specializzate e col nucleo) in opposizione a "*procariote*" (piccole, tuttofare e

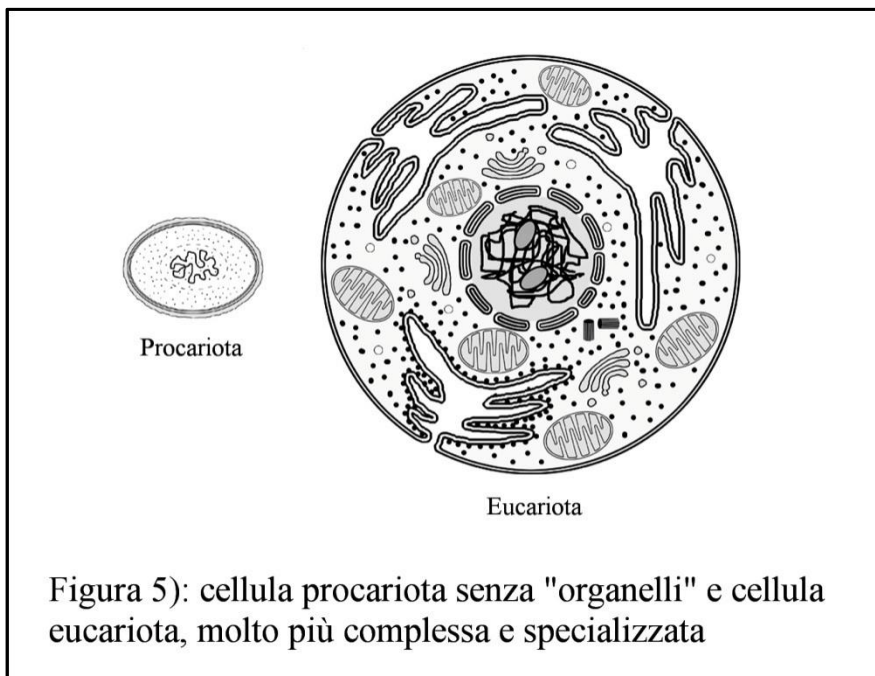


Figura 5): cellula procariota senza "organelli" e cellula eucariota, molto più complessa e specializzata

senza nucleo), ma anche "*mitocondri*" perché, a causa di uno strano scherzo di natura, questi organelli ci serviranno a tracciare una parte dell'albero genealogico umano *per via materna*. Non sto scherzando; lo vedremo a suo tempo. Qui desidero concludere la sezione considerando una domanda semplice, e poi accennando a un argomento che potrebbe

essere molto importante per quanto riguarda la diffusione della vita su scala cosmica. Quanto importante, ancora non è dato di sapere; può darsi che la risposta arrivi presto, oppure sia destinata a restare ancora per chissà quanto tempo nel limbo delle ipotesi. E veniamo alla domanda.

Ma "LUCA" non potrebbe essere stata proprio la prima cellula eucariota? In fin dei conti, tutti gli animali, le piante, i funghi e gli esseri unicellulari (eucarioti) discendono da quella! Bene... dipende da quanti piatti siamo disposti ad aggiungere sulla tavola per gli ospiti. Di sicuro, il più antico organismo eucariota è antenato mio, come di una betulla e di un fungo; su questo non ci piove. Però, come vi ho premesso, il nostro pianeta ospita ancora quantità enormi di cellule procariote. Se

anche per loro bisogna apparecchiare pane e coperto, allora dobbiamo tornare al vecchio LUCA di tre miliardi di anni fa e passa. Se proprio volete, giocando con le parole, potremmo definire un “Last Universal Complex Common Ancestor” (LUCCA), e cioè l’ultimo antenato comune di tutte le forme di vita “complessa”, intendendo come tale quella basata su cellule eucariote. Attenzione, però: la definizione “LUCA” è usata normalmente in biologia; “LUCCA” me lo sono inventato io, e tra un attimo sparisce.

Ecco, ora, l’argomento (forse) importante. È indubbio che la prima cellula eucariota non avrebbe potuto formarsi in un’atmosfera che non fosse già ricca di ossigeno, poiché è quest’ultimo gas a rendere efficiente il metabolismo. Di conseguenza, tra LUCA e LUCCA, sarebbe stato comunque necessario aspettare alcune centinaia di milioni di anni, finché le cellule verdi (o azzurre) non fossero riuscite a far comparire, e aumentare un po’, l’ossigeno in atmosfera. Nel nostro caso, però, ci sono voluti ben **due miliardi di anni!** Perché tanto tempo? Forse, LUCCA richiedeva molto ossigeno, ma forse la risposta è un’altra. Per quanto possiamo capirne oggi, la transizione da una cellula procariota a un’eucariota è un salto evolutivo mastodontico (sempre di tipo *monogenico* e non *poligenico*...). Forse, questo salto si è verificato solo per un caso davvero improbabile, ragion per cui si troveranno cellule eucariote sul nostro pianeta e in una frazione piccolissima degli altri pianeti extra-solari sui quali è nata la vita. In tal caso, sulla stragrande maggioranza dei pianeti nei quali le future osservazioni astronomiche riusciranno a rivelare la presenza di ossigeno nell’atmosfera, la vita avrà seguito imperterrita, per miliardi e miliardi di anni, a procedere per evoluzione di cellule procariote, senza che si siano mai formate cellule dotate di nucleo, e così continuerà finché il pianeta non morirà bruciato dalla fine della propria stella. È un’ipotesi che non si può mica dismettere con una scrollata di spalle, solo perché a noi piace immaginare altri esseri intelligenti diversi dall’umanità, con i quali entrare in contatto! E qui termino con l’evoluzione delle singole cellule, per passare agli animali multicellulari.

## 6) – L'unione fa la forza

Ora vorrei accelerare un po' il discorso, non perché non sia interessante, ma ci sono almeno due ordini di motivi che m'inducono a procedere più in fretta. In primo luogo, il lettore ha ormai capito come funziona l'evoluzionismo darwiniano e cos'è la *fitness*. D'ora in poi, l'evoluzione si complica mostruosamente perché compaiono i primi organismi pluri-cellulari, ovverosia quelli in cui esistono gruppi di cellule destinati a funzioni specifiche (*organi* in senso stretto), cooperanti con altri – aventi diversa funzione – per dar luogo a esseri viventi più complessi. Come sempre, la *maggior complessità* è un'arma a doppio taglio: rende più flessibile l'organismo, ma anche più vulnerabile, perché ci sono molti pezzi che devono funzionare all'unisono, e che si possono “guastare”. Un esempio per tutti: gli organismi unicellulari erano

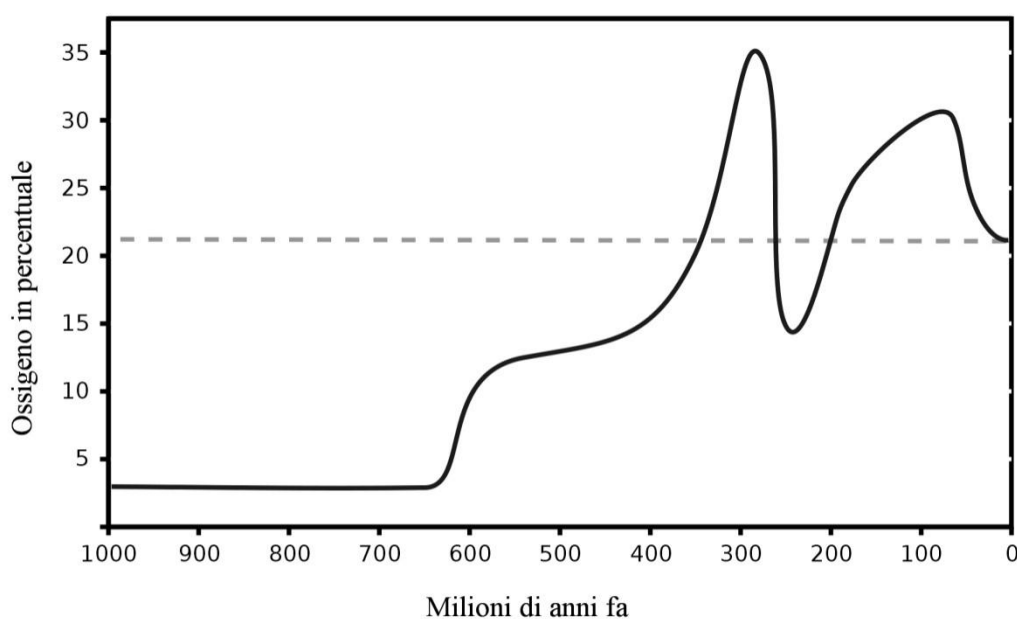


Figura 6): La crescita dell'ossigeno in atmosfera durante l'ultimo miliardo di anni

*potenzialmente* immortali (anche se non all'atto pratico); quelli pluri-cellulari muoiono e, per di più, compare per la prima volta il cancro. Ma l'altro motivo che mi spinge a procedere più in fretta, è che l'argomento principale di questo libro non è solo l'evoluzionismo in sé, bensì – e soprattutto – il problema dei nostri progenitori. Di conseguenza, vorrei esaurire in questa sezione gli argomenti che precedono l'entrata in scena dei primati superiori, e ci vorrà l'accetta, anzi: l'ascia di pietra!

Perdonatemi, quindi, se mi attardo ancora per questo paragrafo sulle cellule eucariote, venute alla luce per la prima volta circa un miliardo e mezzo d'anni fa. In quali tempi-scala evolvono, queste ultime, prima di dare origine agli animali pluri-cellulari? Il punto è controverso. A parte la difficoltà di trovare tracce di organismi così esili, sembra che qualche aggregato molto elementare di cellule, con ogni probabilità ancora ben poco “specializzate” (cooperazione di basso livello, niente *organi* in senso stretto), sia sorto in un giro di tempo breve, la cui valutazione è ancora difficile. Addirittura, ciò potrebbe essere avvenuto con cellule *procariote*! Questa, però, è un'informazione solo parziale. Infatti, per attendere i primi esseri pluri-cellulari in cui gli organi erano ben differenziati fra loro, non intercambiabili, con funzioni precise e di dimensioni non microscopiche, occorre attendere circa un altro **miliardo di anni**! Sì: due miliardi di anni dalle procariote alle eucariote, e un miliardo dalle eucariote agli esseri pluri-cellulari già abbastanza avanzati, da poter essere gli antenati comuni delle piante, degli animali e dei funghi. Anche questa è un'informazione che lascia un po' da pensare: sembra quasi che le cellule eucariote, pur evolvendo in un'infinità di modi, non abbiano poi sentito tutto questo gran bisogno di compiere il passo evolutivo successivo. Vita su altri pianeti? Forse ci sono pure cellule eucariote, ma non è per nulla detto che vi si trovino piante e animali. E qui termino.

Con i primi esseri pluri-cellulari, le cui tracce risalgono a circa 570 milioni di anni fa, l'evoluzione comincia ad accelerare. Stavolta sì, che si procede a tamburo battente. Mi guardo bene dall'asfissiarvi con le nomenclature, le tassonomie eccetera: come Enrico Fermi, io sono un fisico e non un botanico. Se siete interessati, si trova moltissimo materiale su Internet e, se proprio avete deciso che volete farvi del male, ci sono pure dei bei libroni che spiegano tutto, ma proprio tutto, con i nomi precisi di ogni cosa e gli alberi genealogici dettagliati. Per quanto riguarda questo libro, dirò solo che il mare fu la culla di ogni forma di vita e – cosa cui non si pensa mai – la superficie delle terre emerse è stata *un deserto assoluto di sabbia e rocce* fino a circa 470 milioni di anni fa. Niente *humus*, perché quello lo formano solo piante, insetti, vermi eccetera: solo sassi e basta! Poi, le prime piante terrestri – ancora dipendenti dalla vicinanza all'acqua – cominciarono a popolare le coste. Alberi non ce n'erano, ma si svilupparono rapidamente le “felci arboree”, con un fusto rigido, dalle quali vennero fuori poi tutte le specie di alberi. E mi sono dimenticato di dire che, pur con le opportune mutazioni, le strutture fondamentali della maggior parte degli organismi di quei tempi sopravvivono anche oggi, al pari delle cellule eucariote e procariote. E delle felci arboree che, pur sicuramente mutate, sono bellissime e delicatissime.

Nel frattempo, i pesci avevano sviluppato un bello scheletro e pinne dotate di ossa: in pratica dei veri e propri arti. Vermi, ragni e scorpioni orribili, oltre a un'infinità d'insetti, seguirono le piante nella conquista delle terre emerse, e solo un po' più tardi arrivarono gli anfibi, che ancora si trascinavano nel fango, sulle pinne, perché ci vorrà un po' di tempo prima che queste ultime mutino in zampe. Siamo a 400 milioni di anni fa. Da anfibi denominati "labirintodonti" (il nome la dice lunga su come dovesse complicata la loro dentatura) evolvono pian pianino i rettili. Ancora più avanti, da animaletti dal nome di "cinodonti" vengono fuori i proto-mammiferi, di piccole dimensioni, che ancora per un po' fanno le uova, alla pari dei rettili. Solo centocinquanta milioni di anni fa i cieli cominciano a popolarsi di parenti assai stretti del *Tyrannosaurus rex*; da questi primi rettili volanti discendono tutti gli uccelli di oggi: cince, pettirossi, aquile, canarini, pappagalli e così via. Morale: non bisogna mai giudicare i discendenti dagli antenati.

Poco meno di cento milioni di anni fa, spunta il primo fiore. Ci voleva tanto? Mah!

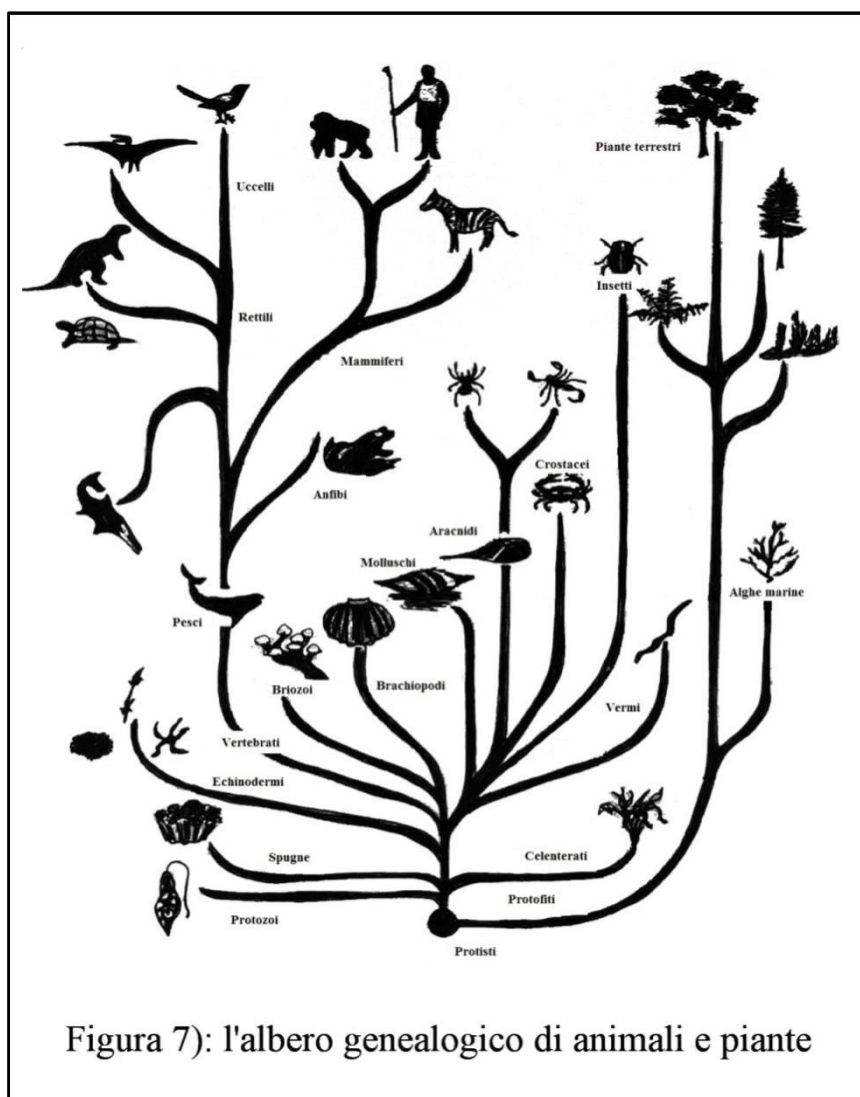


Figura 7): l'albero genealogico di animali e piante

Finalmente, giungiamo a 65 milioni di anni fa: c'è il grande botto! Un asteroide di diversi chilometri di diametro, forse qualche decina, piomba sul nostro pianeta. Descrivere quello che successe allora è da film dell'orrore, e neanche ci provo; dico solo che le polveri e i fumi degli incendi su tutto il pianeta condussero a una sorta di "inverno nucleare". I dinosauri, che già per conto loro cominciavano a essere un po' in crisi a causa di un'eccessiva *specializzazione*, che li portava a essere *meno flessibili*, evolutivamente parlando, alle sfide che il continuo mutare delle condizioni



ambientali richiedeva, non riuscirono a sopravvivere. Il pianeta restò preda dei piccoli animali che avevano vivacchiato all'ombra dei dinosauri per centinaia di milioni di anni, ed ecco la grande occasione per i mammiferi. Occasione che non è andata sprecata, almeno finora. Ma non è opportuno che io termini questa sezione senza parlare della grande invenzione dell'evoluzione darwiniana, che le permise di accelerare grandemente i ritmi di mutamento e adattamento: la riproduzione sessuata.

Siccome non sto scrivendo un romanzo a luci rosse, mi soffermo solo sull'aspetto genetico della faccenda. Seguite il ragionamento, perché è semplice. Noi umani abbiamo familiarità con un solo tipo di riproduzione sessuata, ma la natura ne ha inventati molti tipi diversi, e non mi metto qui a elencarli. Dirò solo che, forse, questa forma di riproduzione potrebbe essere stato il vero asso nella manica che ha permesso agli animali pluri-cellulari di evolversi e rispondere con migliore capacità alle sfide ambientali, per cui è probabile che l'invenzione risalga a tempi molto remoti, dell'ordine del miliardo d'anni fa. La sua logica è semplice: esistono due organismi *genitori* che presiedono alla formazione del nucleo della cellula che darà vita al nuovo organismo *figlio*, e questi due organismi forniscono, ciascuno, metà del codice genetico del discendente.

Perché la cosa funziona molto bene? Perché il figlio possiede, potenzialmente, le armi di difesa e di offesa di entrambi i genitori, e già questo è molto importante. Per di più, il rimescolamento dei geni conduce più facilmente a mutazioni ma, attenzione: poiché entrambi i genitori erano organismi già funzionali e adattati, aumenta la probabilità che compaiano mutazioni funzionali anch'esse, e non è più la lotteria delle mutazioni rigorosamente casuali, della riproduzione per copia *sbagliata* del genoma ed espulsione di una nuova cellula. Lì, per forza di cose, s'incontravano numerosissime mutazioni sfavorevoli, e una percentuale minuscola di favorevoli, per cui l'evoluzione procedeva a rilento. Con la riproduzione sessuata, non dico che tutte le ciambelle riescano col buco, ma almeno è più probabile, e l'evoluzione può accelerare. Solo così si spiega il fiorire dell'albero genealogico degli esseri viventi, dalle prime forme di vita pluri-cellulare a oggi. In mezzo miliardo di anni, c'è stato infinitamente di più di quello che è successo nei tre miliardi di anni precedenti, tanto da non avere senso fare un confronto.

Abbiamo finito con le basi scientifiche dell'evoluzione darwiniana? Non del tutto, e la prossima sezione (breve) servirà a completare il discorso.

## 7) – Simbiosi e “Dogma Centrale”

Non vorrei tirare troppo per le lunghe ma, ora che finalmente siamo giunti agli *animali superiori*, ci sono un paio di cose che vale la pena di aggiungere, per farvi capire come Darwin sia certamente una parte molto importante della verità, ma accanto alle mutazioni del DNA e faccende correlate siano all’opera altri meccanismi fondamentali, per quanto riguarda l’evoluzione degli esseri viventi. E parto dal vostro (ipotetico) desiderio di non morire mai.

Non c’è alcun dubbio che, in tempi non biblici, grazie ai progressi della genetica riusciremo a *leggere* per intero il genoma di ogni essere umano, e a capire il funzionamento di ogni sua parte. Ipotizziamo, dunque, una *macchina* che riceva da un computer il *file* del vostro DNA e – lavorando con cellule ancora indifferenziate – sia in grado di produrre niente meno che una *copia esatta del vostro corpo, secondo le istruzioni scritte nel DNA e nient’altro*. Non chiediamoci di che età verrà fuori questo corpo; è questione da discutere a Bisanzio. Domandiamoci piuttosto se esso sarà in grado di funzionare e sopravvivere. La risposta è negativa. E sapete perché? Ve lo spiego per mezzo dei *fermenti lattici* che, dalla pubblicità televisiva, sapete essere presenti nel vostro intestino. Dirò subito che questi sono solo una piccola parte del *microbiota umano*: una quantità spaventosa di batteri (qualche kg, in un individuo adulto) che popolano tutto l’apparato digerente, dalla bocca all’intestino, ma non solo. Costoro vivono in *simbiosi* coll’essere umano e si sviluppano fin dai primi giorni di vita. Le loro funzioni sono innumerevoli e vanno dalla sintesi di vitamina K per le ossa, alla post-digestione della frazione di cibo che è passata inutilizzata per lo stomaco, e via scorrendo.

Questo ci dovrebbe far pensare un po’ all’evoluzione darwiniana. Il DNA è di sicuro molto importante, ma ogni animale sopravvive solo grazie alla simbiosi con un numero di batteri che uguaglia o supera il numero di cellule di cui è composto l’animale stesso. Di conseguenza, durante l’evoluzione della specie, non può mancare una parallela evoluzione del *microbiota* associato, e qui non si parla di un solo tipo di batterio, ma di centinaia o migliaia. Magari, non tutti dovranno mutare, ma una parte certamente sì e, per farvi capire il problema con cui ci stiamo confrontando, vi dirò solo che la lunghezza totale del DNA del microbiota umano è circa 1000 volte superiore a quei poveri due metri del nostro DNA. Non è uno scherzo: *il DNA del nostro microbiota non si misura a metri, ma a chilometri!* E neanche questa ve l’aspettavate, vero? Replicare il corpo di un essere umano solo in base al suo DNA non serve a nulla, se non ci aggiungiamo il microbiota necessario alla sua esistenza!

Tutto ciò, via via che il gioco si chiarisce, conduce a ripensamenti radicali dell'intera impalcatura darwiniana (intendiamoci: non a un suo capovolgimento, come ad alcuni piacerebbe affermare), poiché pian pianino capiamo che l'evoluzione biologica è qualcosa di molto più complesso rispetto a quanto ci era parso all'inizio, specie in seguito alla scoperta del DNA. Tanto più, quando lo stesso "Dogma Centrale" sembra un po' soggetto a erosione, e adesso mi spiego.

"Dogma Centrale" della genetica molecolare (e non dovete spaventarvi per le parolone, perché poi vi racconto cosa vogliono dire): "Dal Genoma al Soma, e non dal Soma al Genoma!". *Ipse dixit*, affermavano (in Greco, non in Latino) gli studenti di Pitagora riguardo alle parole del Maestro, e il discorso finiva lì. Noi non siamo pitagorici, però, e vogliamo capire meglio questo *Dogma Centrale* che, come ogni dogma, sembra sbarrare la strada a ulteriori dispute. E allora diciamo così: il *genoma* è, come abbiamo capito, il DNA, mentre il *soma* è l'organismo completo, costruito proprio in base alle istruzioni del genoma. Lasciamo andare le complicazioni dovute ai batteri e alla simbiosi; in quel che segue di questa sezione, restiamo alla pura e semplice genetica molecolare, d'accordo?

In parole povere, il Dogma Centrale afferma quel che già sappiamo, e cioè che nel genoma – o DNA – sono contenute tutte le istruzioni necessarie a costruire il soma – o organismo – e che la strada inversa non è percorribile. Vale a dire: se, durante la propria esistenza, una proto-giraffa, nel tentativo di mangiare le foglioline in cima agli alberi, ha tanto sforzato la muscolatura del collo da riuscire a farselo allungare di un centimetro sfruttando gli spazi tra le vertebre, questo *carattere acquisito non* sarà trasferito alla prole la quale, così, *non* nascerà col collo un po' più lungo. Ciò è impossibile perché, proprio in base al Dogma Centrale, non c'è alcun collegamento tra i caratteri acquisiti dal soma durante l'esistenza, ed eventuali modifiche del DNA, che invece dipendono da errori di copiatura chimici e fisici. Non esiste una "proteina del collo lungo" che si forma durante la vita di un animale e va a infilarsi nel DNA della proto-giraffa e nelle sue cellule riproduttive. Di conseguenza, quando nasceranno, le proto-giraffine avranno il collo lungo quanto l'aveva la madre alla sua nascita. Un meccanismo evolutivo di questo tipo, basato sull'ereditarietà dei caratteri acquisiti, era stato proposto da Lamarck (1744 – 1829), ma non funziona. Al passare delle generazioni il collo delle proto-giraffe si allunga, certo, ma sempre e soltanto perché alcune, per mutazione casuale, darwiniana, nascono col collo più lungo e, di conseguenza, beneficiano di una migliore *fitness*.

Però... però, da un po' di tempo a questa parte, si parla molto di *epigenetica*, e bisogna capire cos'è questa strana bestia perché, a prima vista, sembra violare proprio il Dogma Centrale e dare parzialmente ragione a Lamarck. Parliamone.

Il DNA, come abbiamo ormai ben capito, è più *ricco* dello stretto indispensabile; contiene, infatti, istruzioni per una gran varietà di operazioni biochimiche. Spesso, ci si trovano istruzioni *in eccesso*, poiché non sempre, a un organismo, servono proprio *tutte* le proteine che i suoi geni hanno la possibilità di produrre. Chi prende la pillolina per la pressione sa bene (o dovrebbe saperlo) che, in molti casi, la pillolina agisce in modo tale da *inibire* la produzione di una certa proteina e, con effetti a catena, controllare l'ipertensione. Senza bisogno di ricorrere ai farmaci, gli organismi vegetali e animali *si regolano* secondo le condizioni circostanti, aumentando o diminuendo la produzione di certe proteine, cosicché l'ambiente influisce sul funzionamento somatico senza nessun bisogno di modificare il DNA, ma attivandone questo o quel tratto un po' di più o un po' di meno. Un esempio *quasi* estremo: alcuni insetti possiedono diversi segmenti di DNA che esprimono proteine utilizzate dall'organismo per colorare la loro superficie, e ogni segmento corrisponde a una colorazione diversa. Secondo l'ambiente in cui si trovano, questi insetti possono assumere un mimetismo quasi assoluto con le foglie di una particolare pianta, o con un altro insetto repellente agli uccelli, e così via. I geni li hanno tutti, ma una sola proteina è quella prodotta, mentre la sintesi delle altre è inibita. Molto bello, ma fin qui stiamo parlando di *caratteri acquisiti*, ricordate?

Qualche genetista, però, ha cominciato a saltare sulla sedia (da tanto tempo, per essere sinceri, ma solo ora il fenomeno è sotto studio intenso) scoprendo che la progenie di una specie vegetale o animale, che era andata incontro a un adattamento sul tipo di quelli descritti sopra, e cioè per *caratteri acquisiti*, presentava lo stesso adattamento *fin dalla nascita*! Che Lamarck avesse ragione, dopo tutto? Come spesso accaduto in altre circostanze, pure qui bisogna esordire affermando che le cose sono un po' più complicate. Ma, seguendo il discorsetto che sto per farvi, le ridurremo a ragionevolmente semplici.

Dal DNA all'organismo attraverso le proteine, abbiamo sempre detto, ed è ancora vero. Com'è stato appena spiegato, però, il DNA è *ridondante* d'istruzioni, e ci sono proteine che *spengono* la produzione di altre per ottenere, di volta in volta, un migliore adattamento dell'organismo alle condizioni circostanti. Ebbene: in casi piuttosto rari, se queste proteine *regolatrici* finiscono anche negli spermatozoi o negli ovuli, i nuovi organismi che nasceranno *saranno già adattati* per quel particolare *carattere acquisito*! Ormai si conoscono più di un centinaio di casi certi di *epigenetica* – poiché questo è il nome del fenomeno biologico in esame – al lavoro, e sempre di più se ne scoprono via via che si cerca. Specialmente nel caso umano, e il motivo è di grande importanza: la predisposizione nei confronti di alcune malattie sembra essere di origine epigenetica.

C'è un po' di baruffa tra i biologi, poiché non ci si mette d'accordo sullo *status* da accordare all'epigenetica. Costoro si domandano se si tratta di una *violazione del Dogma Centrale* in senso stretto, poiché un carattere acquisito va a influenzare la trasmissione del DNA da una generazione all'altra sia pur come semplice meccanismo di regolazione, oppure non mette conto inserirlo tra i meccanismi evolutivi. Non ho alcun desiderio di entrare nella polemica: mi basta far presente quanto segue. Se la trasmissione epigenetica inibisce sistematicamente l'espressione di qualche gene, cosa accadrebbe se, per mutazione casuale, quel gene fosse cancellato? In tal caso, si avrebbe una reale modifica del DNA, causata *solo indirettamente* dall'epigenetica, ma si tratterebbe pur sempre di una mutazione evolutiva. Sto elaborando troppo? Probabile. Torniamo ai postumi del gran botto del meteorite di 65 milioni di anni fa.

## 8) – Finalmente, le scimmie

Chiedendo ancora scusa per la sezione precedente che ha spezzato un po' il discorso, torno alla nostra storia evolutiva, ai superstiti del meteorite: tra loro già si trovavano gli antenati dei moderni primati. Il più antico sembra essere stato il *Purgatorius* (perché l'hanno chiamato così? Forse come prodromo all'inferno che attendeva i suoi discendenti?): una specie di topino che, però, già si arrampicava sugli alberi. Animale *onnivoro*, e questo è importante, come stiamo per capire.

Cos'hanno in comune i primati, (esseri umani e scimmie appartengono a quest'“ordine”, secondo le classificazioni zoologiche correnti) che li differenzia in maniera formidabile rispetto agli altri mammiferi? Complessità cerebrale, e capacità di modificare l'ambiente, certo, ma non anticipiamo troppo. Per ora, diciamo che i primati sono *relativamente poco specializzati*: possono evolvere senza portarsi appresso retaggi gravosissimi. Vi sembra poco? Sbagliate! Andate in bagno e guardatevi allo specchio: per quanto possa sembrarvi strano, e malgrado ogni vostro titolo di studio, voi siete *poco specializzati*. Solo da poco tempo, su scala evolutiva, l'intelligenza ha cominciato a plasmare l'*Homo Sapiens* verso una dipendenza dalla tecnologia (a *civilizzarlo*, direbbe mia moglie), ma proviamo a ragionare come segue.

Elencate le specie animali a voi note, la cui diffusione spazi dall'equatore alla banchisa polare. Se non vi viene in mente nulla, vi dico io la risposta: roditori e chiroteri (pipistrelli) stanno un po' dovunque, ma restate davanti allo specchio e guardatevi di nuovo. Dall'Africa all'Oceania, dall'America alla Cina, dai tropici alla banchisa polare, è tutto un brulicare di esseri umani che, proprio per non essere troppo specializzati, in parte si adattano con piccole mutazioni alle regioni in cui vivono; in parte – e soprattutto – *modificano* l'ambiente che li circonda. Avranno qualche cuscinetto di grasso in più o in meno da qualche parte, saranno biondi e slavati oppure neri come l'ebano, ma sono comunque *una specie sola*, nel senso che sono interfecondi, nonostante un pigmeo possa trovare di dubbio gusto l'idea di avere figli da una signora esquimese, e viceversa.

Sto anticipando i tempi, solo per chiarire come, perfino l'evoluzione darwiniana possa, in alcune circostanze, spingere specie apparentemente ben adattate lungo un binario morto. I dinosauri erano perfettamente inseriti nel loro ambiente, e avevano avuto oltre cento milioni di anni per affinare sempre di più le loro armi di difesa e offesa, ma proprio quest'accomodamento eccessivo si rivelò fatale per loro, nel momento in cui il meteorite alterò in modo drastico l'ambiente. Quando si è lunghi quindici metri e si dipende dall'apertura delle fauci per nutrirsi non è facile adattarsi,

in due o tre generazioni, a una dieta di sole barbabietole. Animali di piccola taglia, già onnivori e perciò non troppo vincolati a una dieta specifica, riuscirono meglio a far fronte a una situazione in cui non si potevano più predare gigantesche uova, e bisognava contentarsi di rape e lombrichi. Anzi: nel momento in cui sparirono i precedenti dominatori del pianeta, costoro fecero presto ad aprire il ventaglio delle mutazioni, molte delle quali favorevoli, e nelle quali è perfino difficile riconoscere un'ascendenza comune.

Questo è un lato dell'evoluzione che in precedenza non avevo toccato: l'apparente esplosione di nuove forme di vita in seguito a qualche catastrofe che ha imposto un ricambio quasi totale, conducendo all'estinzione chi comandava fino a poco prima. D'altra parte, nonostante la mole d'informazioni che ho distribuito qua e là (questo è pur sempre un libro sulla genetica e sull'evoluzionismo, oltre che sul Peccato originale di cui diremo nelle ultime sezioni) ho cercato di mantenere le cose semplici: i meccanismi genetici ed ecologici dell'evoluzione, come abbiamo appena visto nella sezione precedente, sono tantissimi e apparentemente contraddittori, e non è detto che li abbiamo scoperti tutti. Le esplosioni di nuove forme di vita sono, a volte, così sorprendenti da aver condotto il paleontologo Jay Gould (1941 – 2002) a ipotizzare addirittura un nuovo meccanismo: i cosiddetti “equilibri punteggiati” o “intermittenti”, dalle modalità ancora da chiarire. Su Jay Gould e le sue teorie mi verrebbe da raccontarvi tante cose, perché è stata una persona davvero notevole. Tra l'altro, i suoi libri sono molti, tutti belli, e per chi voglia approfondire un po' l'evoluzionismo, rappresentano una miniera inesauribile.

Come pura e semplice chiosa sull'evoluzione, prima di tornare ai nostri antenati, ci tengo a farvi notare che, come ormai dovrete aver ben capito, la natura, istante per istante, compie esperimenti d'ingegneria genetica assai più numerosi di quanti se ne possano tentare nei laboratori sotterranei della Monsanto e delle altre multinazionali. Fin dall'origine della vita sulla Terra, conviviamo con radiazioni nucleari e OGM e, anzi, a volte sono proprio questi meccanismi a provocare mutazioni evolutive. Il semplice fatto che, dopo tutto, siamo vivi, è prova irrefutabile che godiamo di un buon livello di adattamento nei confronti di “novità” vecchie come il cucco, e stupidamente agitate da qualcuno come veri e propri spettri del XXI secolo.

Il *Purgatorius*, dunque. Per quanto possiamo dirne ora, sembra proprio lui l'antenato comune a noi, ai gorilla, alle bertucce, ai lemuri, ai tarsi, agli atele. E, sapendo benissimo che cercherete subito su Internet qualche immagine di questi ultimi, vi assicuro: pure loro sono nostri lontani cugini (lo sono anche i bacherozzi ma questi, per fortuna, sono veramente *molto* lontani!). E qui, più che altrove, occorre un avvertimento. Poiché non è possibile dire: «Lo scheletro dell'*anello di*

*congiunzione* tra tizio e caio è qui sotto; scaviamo due metri e lo troviamo», occorre stare a quel poco che permette di trovare il puro caso. Un molare qui e un frammento di bacino là. Come inciso, vi dirò che, quando capii per la prima volta quanto siano esili i resti ossei sui quali si fonda la paleontologia, mi chiesi se avesse senso disquisirvi sopra e trarne conclusioni, ma rassicuratevi. Col tempo, ho finalmente capito che la zoologia è una scienza *praticamente esatta*, e le ricostruzioni d'interi scheletri – e corpi da aggiungervi sopra – sono sempre più attendibili, per cui ciò che sto per raccontarvi non è basato sul nulla, ma su dati ragionevolmente certi. Come

conseguenza di quanto ho appena affermato, aggiungo che, mentre il *corpus* dei ritrovamenti paleontologici si accresce, e l'analisi comparata del DNA delle specie oggi viventi aggiunge informazioni di tipo genetico, la nostra comprensione di com'è andata davvero l'evoluzione può mutare. Non mutano le leggi di Darwin, s'intende, ma possiamo capire meglio quali forme di vita si siano succedute nel tempo, la loro struttura fisica e l'ecosistema, i tempi secondo i quali si è sviluppato il decorso dell'evoluzione, e via di questo passo. Possono essere conati nuovi nomi, riviste le date di

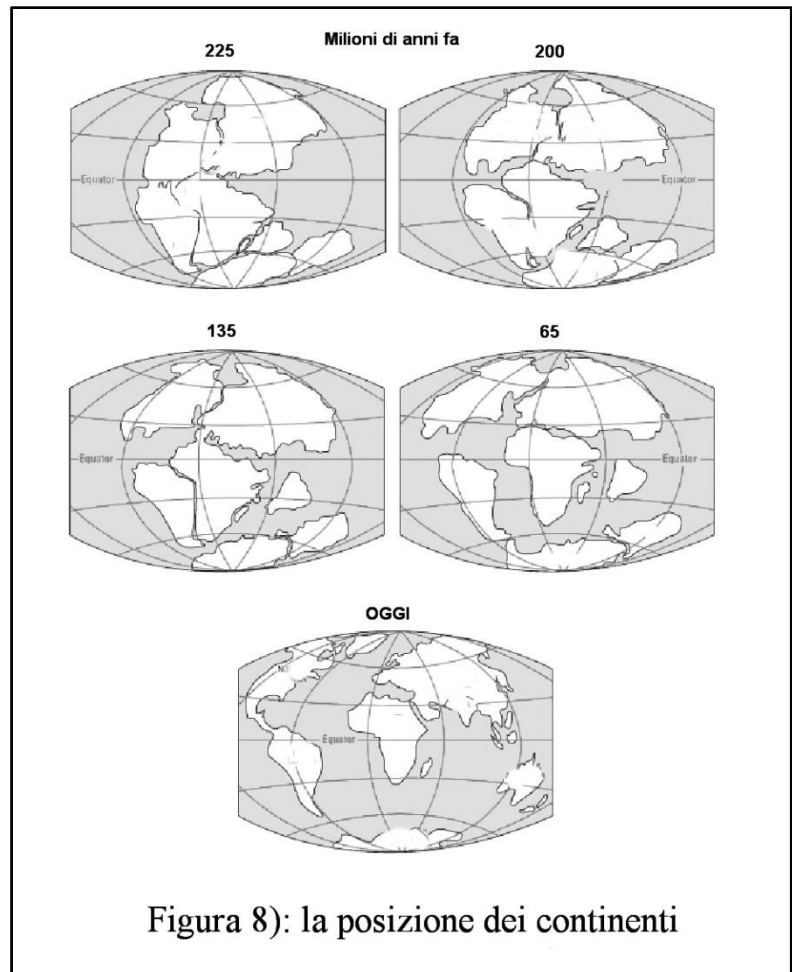


Figura 8): la posizione dei continenti

divergenza da una specie all'altra, e cose del genere, per cui cercherò di presentarvi una situazione aggiornata al 2012. Ma non mi meraviglierei se, già in questo momento, in qualche istituto di paleontologia, gruppi di scienziati furibondi si fronteggiassero a suon di estintori e mazze da base-ball, perché ci sono novità importanti, ma ancora non è stato raggiunto un accordo in merito al loro significato, alla classificazione, o qualsiasi argomento possa destare il furore accademico (per mia esperienza aggiungo che ogni argomento è buono, avendo io stesso infilzato alcuni colleghi con un pennarello per fogli lucidi).



In particolare, vista la delicatezza degli argomenti che sto trattando, e la suscettibilità di molti studiosi, avrei voluto evitare di fornire date “precise”. D'altra parte mi rendo conto che, senza il respiro profondo dovuto al trascorrere degli eoni, tutto rischia d'impantanarsi in un'elencazione puntigliosa ed erudita di strane nomenclature. Perciò, nella Figura 8, ho mostrato quel che riteniamo di sapere sulla disposizione delle terre emerse (e, di conseguenza, sulla possibilità di movimento degli animali dell'epoca).

In primo luogo, bisogna sapere che, all'epoca del Purgatorius (65 milioni di anni fa) e dei suoi diretti discendenti, America settentrionale, Europa, Asia, Africa e Madagascar non erano ancora separati come oggi, ma si toccavano tra loro. Poi, pian piano, la deriva dei continenti (la superficie terrestre è come un insieme di zattere che navigano su un “mantello” caldo e fluido, e seguono le vicissitudini della lentissima ebollizione di quest'ultimo) ha condotto il mondo a come lo conosciamo oggi, ma non dobbiamo meravigliarci se ci siano primati dovunque, dall'Asia all'America. Solo in Oceania non se ne trovano, perché Australia e Nuova Zelanda erano collegate ad Antartide e America meridionale quando i primati sciamavano solo nel nord e nel centro del pianeta. E qui possiamo cominciare a mettere qualche data orientativa. Tra 60 e 50 milioni di anni fa, il Madagascar prese ad andarsene alla deriva, portandosi appresso gli antenati (oggi estinti) dei simpaticissimi lemuri. Lasciamoli andare anche noi, perché non c'interessano più. Poi, una cinquantina di milioni d'anni fa, toccò all'Indonesia, dove prosperavano gli antenati dei tarsi dagli occhioni giganti. La frattura tra Europa e America settentrionale è più recente, circa quaranta milioni d'anni fa, e nel Nuovo continente l'evoluzione condusse ai cebi, agli atele e, insomma, a bestie che non abbiamo difficoltà a riconoscere come “scimmie” in senso lato, mentre potremmo restare in dubbio nel classificare a prima vista un lemure. La grande epoca delle scimmie – o meglio dei loro antenati, poiché nessuna delle specie emigrate in America settentrionale ha raggiunto la nostra epoca senza mutare profondamente – è cominciata pure in quei luoghi.

A noi, però, anche le scimmie del Nuovo mondo interessano poco, poiché l'evoluzione che ha condotto fino a noi si è verificata nel Vecchio continente. Qui, troviamo tre famiglie di primati, e scusate se ne scrivo i nomi latini, ma tra un attimo capirete il perché. Abbiamo i “Cercopithecidae” (macaco, mandrillo e tantissime altre, un po' in giro dovunque), gli “Hylobatidae” (poche specie di gibboni) e gli “Hominidae”. Avete capito perché valeva la pena di portare i nomi alla vostra attenzione? E vediamo subito in che epoche si sono separati i rami dell'albero relativi a queste famiglie. Il più antico ad andarsene è stato il primo dei tre, più di venti milioni d'anni fa. Una quindicina di milioni d'anni ci separano, invece, dai gibboni

che, in questo senso, ci sono parenti un po' più vicini. E veniamo finalmente alle grandi scimmie antropomorfe della famiglia degli "Hominidae", vale a dire: gli oranghi, i gorilla, gli scimpanzé, e voi. Anche io, certo. Pure queste, le ho elencate secondo l'epoca in cui il loro ramo si è allontanato dal nostro. Gli antenati degli oranghi, per esempio, se ne sono distaccati dodici – tredici milioni d'anni fa. Poi toccò agli antenati dei gorilla, circa sette – otto milioni d'anni or sono. Gli ultimi a staccarsi furono gli antenati degli scimpanzé, che sono perciò i nostri parenti più vicini, pur se dal loro divergere dal tronco che conduce fino a noi (vedete? Ho già imbastito una zoologia "homocentrica" ponendo noi stessi sul tronco principale, il che è biologicamente privo di senso) sono trascorsi almeno cinque o sei milioni d'anni. E scusate se me la cavo con così poco, ma vorrei arrivare ad Adamo ed Eva, e penso che lo vorreste pure voi. Ci proverò nelle prossime sezioni.

## 9) – Pancia in dentro, petto in fuori

Pochi paragrafi fa ho introdotto in maniera surrettizia una dizione che, con ogni probabilità, lì per lì è passata inosservata malgrado l'avessi evidenziata in corsivo. Ma su quella dizione – concettualmente errata, come stiamo per vedere – generazioni di paleontologi si sono accapigliati. Ho parlato di “*anello di congiunzione*” che, se preferite, potrebbe essere semplificato come “*anello mancante*” (“*tra la scimmia e l'uomo*”, prosegue inevitabilmente la frase). Fermiamoci un attimo sull'argomento. Quando, nel 1891, l'anatomista olandese Dubois rinvenne, nell'isola di Giava, la calotta cranica, un femore e qualche dente di un essere che denunciava chiaramente una deambulazione eretta, e un teschio senza fronte, basso sull'occipite, con una capacità cranica valutabile a non più di 900 cc (per noi, la media si aggira tra i 1300 e i 1400 cc, mentre per i gorilla non supera i 600 cc), tutto il mondo scientifico esultò. Era stato finalmente portato alla luce l'*anello mancante* tra scimmia e uomo, battezzato per l'occasione: “Pithecantropus” (scimmia-uomo in Greco), e le teorie di Darwin vendicate contro l'oscurantismo della Chiesa.

Bisogna ammettere che la Chiesa, specie quella Anglicana, aveva combattuto ferocemente il darwinismo, e non meno duri erano stati i giudizi di tutte le altre confessioni religiose; in questo senso, dunque, gli scienziati avevano ragione. Ma, se trionfavano sulla teologia, avevano torto marcio sul piano scientifico poiché, scordando loro stessi il nocciolo del darwinismo, avevano impostato male il problema dell'*anello mancante*. Un simile concetto, non ha valenza scientifica, è un modo di dire che serve solo a confondere le idee, e adesso mi spiego.

Chi è l'anello mancante tra i miei genitori e i miei figli? La risposta è ovvia: sono io, ma: un momento; siamo proprio sicuri che il concetto di *anello mancante* abbia senso? A parte che io, in questo momento, non sono ancora *mancante* (mia moglie può accusarmi di essere un po' *latitante*, ma quello è un altro discorso) perché sto scrivendo queste pagine, supponiamo pure che io vada disperso tra i ghiacci antartici e che, pertanto, diventi “mancante” nel pieno significato del termine. In conformità a questa ipotesi, ragioniamo su come funziona l'evoluzione darwiniana: per micro – mutazioni ciascuna delle quali impercettibile, ma che possono dare una *fitness* maggiore o minore a chi le porta. In questo senso, i miei genitori erano esseri umani rigorosamente identici ai miei figli (è chiaro che ciascuno si porta appresso un codice genetico diverso, ma potrebbero non esserci state mutazioni darwiniane nel giro di queste tre generazioni), e non si porrebbe il problema dell'*anello mancante* se non per problemi connessi all'asse patrimoniale ereditario. Ma: e se invece io fossi

stato portatore di una mutazione darwiniana casuale? Per farmi capire, userò un esempio spropositato: magari, per accidente, sono nato con le branchie e non solo con i polmoni, per cui posso respirare sott'acqua (non succederà, tranquilli, almeno finché qualche genetista non deciderà di pasticciare un po' troppo con embrioni umani). Un'accurata analisi del DNA dei miei figli mostrerebbe che esso presenta una grossa differenza, non dovuta al normale rimescolamento dei geni nell'ereditarietà familiare, rispetto a quello dei miei genitori. I miei figli, in questo senso, sarebbero *umani di tipo notevolmente diverso* rispetto ai miei genitori. Andando sul macabro: tra duemila anni, aprendo la tomba di famiglia (spero che non succeda), un bravo genetista, senza neppure guardare i resti delle targhette apposte sulle bare o sulle urne, sarebbe in grado di concludere che, tra le ossa dei miei genitori e quelle dei miei figli, dovrebbero esserci anche le ossa di un individuo che porta la stessa mutazione dei miei figli, e invece non ci stanno perché, se ricordate, io sono andato disperso in Antartide. Costui (sempre io, nella fattispecie) sarebbe l'*anello mancante* tra i miei genitori e i miei figli.

E fin qui, passi. Già sarebbe più difficile capire chi, in particolare, potrebbe essere l'anello mancante fra il mio trisavolo Antonio, vissuto a cavallo tra il '700 e l'800, in tempo per gioire dell'esito di Waterloo (era un papalino arrabbiato), e mio nipote Giovanni, nato quest'anno e che, con quasi assoluta certezza vedrà i primi esseri umani vivere su Marte. Se, nelle cinque generazioni intermedie (considerando pure gli estremi sono sette) c'è stata più di una piccola mutazione darwiniana, quanti anelli mancanti dovremmo contare?

Questo piccolo gioco genealogico è la base per capire cosa avviene, in termini scientifici, nello studio dell'evoluzione umana. Poniamo il problema nella prospettiva giusta: affermare che l'uomo discende dalla scimmia è *tecnicamente* sbagliato. La dizione corretta, infatti, sarebbe: "L'uomo e le scimmie attuali discendono da un antenato comune". Quando poi si dice che il tale o tal altro fossile rappresenta l'*anello di congiunzione tra l'uomo e la scimmia*, questo non è più un semplice errore tecnico, ma una vera e propria *bestialità scientifica* poiché, seguendo il percorso lunghissimo che, per mezzo di mutazioni microscopiche, ha condotto fino all'*Homo sapiens* moderno, anelli di congiunzione devono essercene stati quasi quante sono le generazioni che si sono succedute, e in questo caso non abbiamo una *tomba di famiglia* da deprecare.

In sostanza, ripeto, i paleontologi si trovano di fronte a un molare qua, un frammento di toro sopraorbitario là, un pezzetto di tibia laggiù, secondo come il caso ha giocato con i ritrovamenti di fossili, e da questo momento in poi ricordate che parlerò solo di pre-umani e umani, poiché gli antenati dello scimpanzé ce li siamo

lasciati dietro sei milioni di anni fa. Cominciamo, quindi, a cercare di mettere a posto i pochissimi frammenti del mosaico dell'evoluzione umana, tenendo presente che ogni nuovo ritrovamento è suscettibile di far cambiare radicalmente le carte in tavola, specie per quanto riguarda le epoche più antiche, e per conseguenza il quadro fornito qui di seguito sarà da considerarsi molto rudimentale e qualitativo. Servirà lo stesso, però, per giungere fino ad Adamo ed Eva, e tanto basti.

Inciso: certe volte, specie sui siti Internet degli animalisti, s'insiste sull'idea secondo la quale l'uomo e lo scimpanzé (o il gorilla, o l'orango) sono *praticamente* lo stesso animale, perché il loro DNA differisce solo del 2 – 3% circa. Ora, la seconda affermazione corrisponde a verità; la prima un po' meno, perché il sillogismo non si applica in maniera così nuda e cruda. Mi spiego meglio: ogni specie che si è succeduta sulla faccia del pianeta, ha ereditato la *quasi totalità* del DNA della precedente specie da cui essa ha avuto origine. Così, gli spezzoni più funzionali del DNA si sono accumulati nel tempo e, tanto per fare un esempio, noi condividiamo circa il 70% del DNA di un lombrico. Ma non per questo siamo *quasi* lombrichi, non vi pare? Procedendo: se prendiamo a caso una specie vegetale (si fa spesso l'esempio della banana perché è illuminante, ma quella maledetta ortensia che sta gelando sul balcone va bene uguale), ne condividiamo il 50% circa del DNA. Se, però, doveste chiedermi un parere su chi sono io, vi direi chiaro e tondo che non mi sento per metà banana. Vale a dire che una differenza del 2% nel DNA è, in realtà, *enorme*, e conduce a strutture fisiche il cui funzionamento è profondamente diverso. Noi non siamo *quasi* scimpanzé, e vorrei avervene convinto, se non altro, con l'esempio del lombrico e della banana. E qui l'inciso (importante) finisce.

Non vorrei offendere nessuno, ma sapete che (il *forse* è d'obbligo) discendete tutti da un signore che si chiamava “*Orrorin*”? Certo, ne discendo anch'io, lo so, ma il nome non gli è derivato dalle fattezze orripilanti, bensì dalle regole di nomenclatura che così vogliono si definisca l'*uomo originale*. Chi era costui? Ne sappiamo poco: la ventina di frammenti ossei che ne sono stati ritrovati finora, in Africa centro – orientale suggeriscono che, circa sei milioni d'anni fa, prosperasse in un territorio boscoso questo tizio, molto somigliante a una scimmia antropomorfa, ma dai denti singolarmente piccoli, e che la sua vita fosse principalmente arboricola, pur se era ormai in grado di passeggiare un po' sulle zampe posteriori. Non proprio un essere a stazione bipede completa, dunque, ma cominciava ad avvicinarvisi. E qui è obbligatorio chiarire un equivoco molto comune, così spontaneo che neanche ci si pensa. Il processo che ha condotto all'uomo moderno non è cominciato con un aumento delle dimensioni del cervello, e proseguito via via secondo le stesse modalità, acquisendo nel frattempo la stazione eretta eccetera; anzi: è andato tutto al

contrario. Prima i nostri antenati scimmieschi hanno imparato a camminare per lunghi tratti, senza però allontanarsi troppo dagli alberi, per potervisi rifugiare in caso di pericolo. Poi si sono trovati le mani libere, e hanno cominciato a chiedersi cosa farne: per esempio afferrare un randello e ammazzare scoiattoli e sorci per mangiarseli. In conseguenza di questo genere di sfide intellettuali, la selezione darwiniana ha poi favorito quelli che, per avventura, nascevano con un cervello più grande o meglio organizzato, e ne facevano tesoro per nutrirsi e riprodursi meglio. Solo così i nostri cervelli hanno raggiunto le dimensioni attuali, e badate: durante questo processo non sono neppure mancati ritorni indietro. Chiaro, questo concetto? Prima i piedi, poi la testa.

Un probabile discendente dell'*Orrorin* lo troviamo circa quattro milioni e mezzo di anni fa: prende il nome di *Ardipithecus*. Per questo antenato, siamo in possesso di una documentazione fossile più ampia, e sappiamo ricostruirne la struttura corporea un po' meglio. Era anche lui piccolino, circa un metro e venti, onnivoro, e camminava molto meglio del suo predecessore; conservava però la capacità di arrampicarsi in fretta e bene sugli alberi. Ancora somigliava abbastanza a una scimmia dell'epoca, ma secondo studi recenti sarebbe da sistemare sul tronco dell'albero che ha poi condotto fino a noi. La nostra discendenza da questo primate, dunque, sembra più certa.

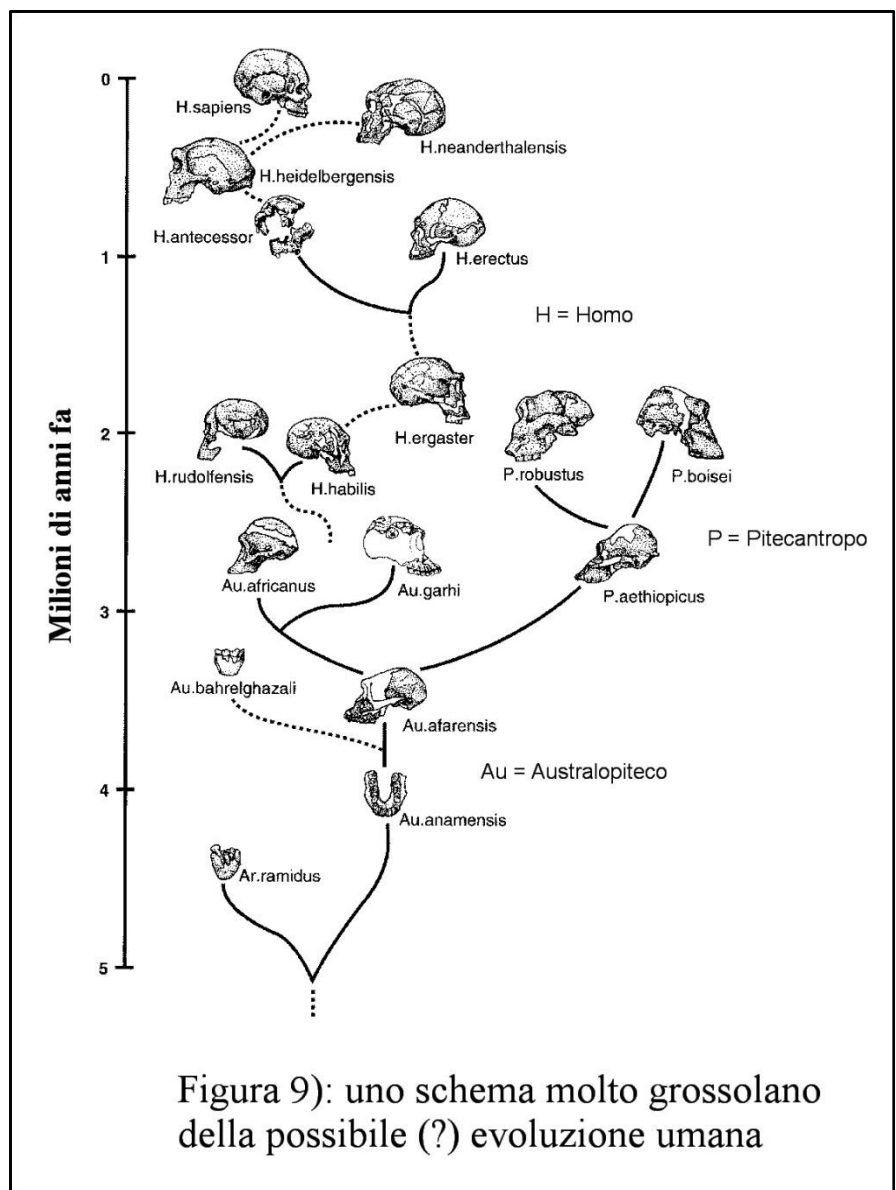


Figura 9): uno schema molto grossolano della possibile (?) evoluzione umana

Dopo di lui, le cose si complicano perché, contrariamente a quanto avviene oggi in cui esiste solo la nostra specie umana, l'albero genealogico degli ominidi antichi è terribilmente ramificato, e per lunghi tratti di tempo – a volte milioni di anni – la Terra (l'Africa, più che altro) ha visto convivere numerose specie di ominidi, a volte assai diversi tra loro. In queste condizioni, la ricostruzione di quali siano i nostri diretti ascendenti, e quali, invece, si siano estinti senza lasciare prole, non è proprio facilissima pur se, almeno per gli ultimi due milioni di anni, crediamo di aver ormai imboccato la strada giusta. Vediamo.

Circa 4,2 milioni di anni fa compare l'*Australopiteco*, così nominato perché i primi ritrovamenti si ebbero in Africa australe. Potrebbe essere sulla linea evolutiva che conduce fino a noi, anche se di recente questa possibilità è stata questionata. Pure se non lo fosse, però, qui conta il *sapere* dell'argomentazione e, chiunque sia stato il nostro progenitore a quell'epoca, non poteva apparire molto diverso da un australopiteco. Che aveva acquisito la piena stazione eretta, era sempre piccolino, e il suo cervello si aggirava attorno ai 450 cc. Richiamo la vostra attenzione su questo particolare: il cervello di un gorilla può raggiungere i 600 cc, ma il peso dell'animale si aggira sui due quintali. Siccome il peso dell'australopiteco non superava i 50 – 60 kg, il rapporto tra il peso del cervello e quello totale andava comunque a vantaggio dell'australopiteco il quale, di conseguenza, cominciava già a essere più *cerebralizzato* rispetto a una scimmia. Curiosità: il dimorfismo sessuale di questa specie era enorme; i maschi potevano essere una volta e mezzo più grandi delle femmine (pur restandone succubi).

E qui, come già accennato, la storia si complica assai. Se immaginiamo un cespuglio il cui tronco principale (o un tronco parallelo, ma lasciamo stare la distinzione per amor di semplicità) è proprio l'australopiteco, da una parte spunta fuori un ramo chiamato *Kenyanthropus*, ancora molto primitivo, dal quale sboccia ancor più avanti (forse) l'*Homo rudolfensis*, un po' più evoluto, tanto da essere già classificato "Homo" sebbene con molte cautele (è possibile che, un giorno o l'altro, nuovi ritrovamenti lo retrocedano al rango di australopiteco). Ma era un ramo evolutivo non molto vitale, destinato a seccarsi circa un milione e mezzo di anni fa. C'è chi dice, addirittura, che la causa della scomparsa dell'*Homo rudolfensis* vada cercata nella concorrenza col contemporaneo *Homo habilis*, nostro progenitore diretto, di ben altra levatura intellettuale. Da dove viene quest'ultimo? Probabile che abbia un antenato in comune con l'australopiteco, e perciò il cespuglio evolutivo avrebbe, effettivamente, un tronco doppio: da un lato gli australopitechi, della cui storia parleremo nel prossimo paragrafo, destinati prima o poi a sparire del tutto, e dall'altro il tronco propriamente "umano", che è quello che maggiormente c'interessa. Se vi

parlo tanto degli australopitechi, dunque, è solo per insistere sulla coesistenza, negli stessi ambienti, di diverse specie di ominidi, per periodi di tempo lunghissimi. Tanto da farci pensare che la nostra presenza come unica specie umana attuale sia più frutto del caso che altro.

Gli australopitechi, dunque, fiorirono lungo moltissimi rami dell'arbusto, la cui genealogia è ancora ben lontana dall'essere chiarita. Si arriva fino al *robustus*, sempre legato alla boscaglia, che di robusto aveva solo la dentatura, poiché per il resto era sempre un piccoletto. Costui, e il suo cugino *boisei*, vissero fino a un milione d'anni fa all'incirca. Siccome a noi interessa l'altro lato, quello che condusse all'evoluzione dell'*Homo habilis* di cui già abbiamo detto qualcosa, aggiungiamo ora che – forse – forse – forse – perché ancora non ne sappiamo abbastanza da poterlo affermare con certezza, costui fu il primo ominide a scheggiare la pietra per ricavarne un bordo tagliente. Fu nostro antenato diretto? Forse che sì, forse che no, ma per lo meno si piazzava lungo il tronco del genere "Homo". La sua capacità cranica non sembra un granché, circa 600 – 700 cc, ma per l'epoca era il più cerebralizzato degli ominidi. Di sicuro, doveva già essere in grado di "ideare" oggetti prima di costruirli fisicamente. Può anche darsi che gli ultimi australopitechi ci riuscissero pure loro, almeno in modo rudimentale, ma oggi si tende ad associare i primi manufatti in pietra all'*Homo habilis*. Non bisogna dimenticarsi di questo tizio, perché ritrovamenti recenti ci lasciano sospettare che abbia avuto sette vite come i gatti, e sia giunto là, dove nessun uomo era mai arrivato prima. Nel senso letterale del termine. Ma ne riparleremo a suo tempo.

Potando molto i cespugli dell'arbusto, arriviamo finalmente al cosiddetto "*Homo erectus*" il quale, come fa capire il nome, camminava come noi, tale e quale. La sua ascendenza potrebbe farsi risalire – almeno ci sembra ragionevole – all'*Homo habilis*, ma i dettagli non c'interessano e, in ogni caso, la paleontologia non è ancora in grado di fornirceli in modo univoco. Parliamo dunque dell'*Homo erectus*, perché questo personaggio dominò la superficie terrestre da quasi due milioni di anni fa a circa 200.000 anni fa. Un bel lasso di tempo! In ogni caso, era lui ad andare in giro con la pancia dentro, il petto in fuori.

Dicevo, dunque, che... un momento: mi devo interrompere per lo spazio di un paragrafo, e riprenderò il discorso nella prossima sezione. C'è qualcuno che sta ghignando in sottofondo, e lo fa già da un pezzo. Prima di proseguire nel discorso devo prendere di petto questo mezzo imbecille e dargli una bella sgrullata. Va ripetendo a ogni piè sospinto, con quelle risatine ebeti: «Eh già, certo; lo vedi che gli scienziati non riescono a mettersi d'accordo? Per forza brancolano nel buio: qui c'è l'intervento diretto di Dio che ha creato prima questo, e poi quell'altro, e via



discorrendo!». Se la ricorda, costui, la lettera di Galileo a Cristina di Lorena? Che fine farà il suo diuccio pasticcione, il giorno in cui la scienza avrà chiarito i nessi che ora sto ancora dando per incerti? Sparirà, perché di uno Zeus maldestro non ci sarà più bisogno, e con lui sparirà pure la fede di chi si nasconde dietro un dito usando Dio come il prezzemolo (il “*dio – prezzemolo*” è una dizione che a me piace; rende l’idea). Ma allora, sto dicendo che Dio non ha creato ogni cosa? Tutt’altro, e per chi avrà la pazienza di arrivare al termine di questo libriccino, diventerà chiarissimo come il mio concetto di un Dio creatore sia infinitamente più radicato e profondo (e “canonico”), rispetto a quello del dio – prezzemolo. E finalmente mi sono tolto questo sassolino dalla scarpa. Ora che il “sogghignatore folle” ha smesso di colpire, posso andare avanti più spedito.

## 10) – L'età degli esploratori.

Sarà perché l'*Homo erectus* cammina di passo spedito, ma per un milione e mezzo di anni, forse anche qualcosa in più, se ne va in giro per tutta l'Africa e per il continente Eurasiatico. E qui occorre una breve precisazione di carattere culturale, poiché noi siamo abituati a pensare i confini geografici in conformità a quelli politici, mentre ai tempi di cui sto narrando c'erano solo confini dovuti agli ecosistemi. Mi spiego: Sudan, Egitto, Palestina, Siria, Turchia, Giordania, Iraq, Iran e adiacenze costituivano, dal punto di vista ecologico, un unico ambiente e, per l'*Homo erectus* (come per altre specie dopo di lui, e ne parleremo più avanti) si trattava di un'area di libero transito, dove nessuno ti chiedeva i documenti, ti perquisiva e ti sparava addosso se sconfinavi. Di conseguenza, avendo raggiunto una buona capacità cerebrale (dagli 800 ai 1050 cc) e intellettuale, sapendo progettare e costruire utensili in pietra complessi, taglienti e raffinati come le amigdale, avendo preso un po' di confidenza col fuoco e mangiando, dove possibile, carne cotta per mezzo della quale si potevano nutrire pure gli anziani del branco (brodo, per chi aveva perso i denti), l'*Homo erectus* cominciò a sciamare fuori dall'Africa senza neanche rendersene conto. Tra l'altro, non dipendeva più dalla vicinanza di alberi per dover fuggire dai predatori, giacché poco ci mancava che fosse proprio lui ad andare a stanarli. Dotato di una corporatura paragonabile alla nostra, e quindi assai più robusto rispetto agli Australopitechi, buon cacciatore, finì coll'invadere – in tempi brevi su scala evolutiva – tutti gli ambienti che non presentassero sfide eccessive (deserti, tundra estrema).

Eppure, prima di questo individuo già abbastanza evoluto, qualcun altro sembra fosse arrivato nelle isole del Borneo. Appuntiamoci l'inciso, perché ne abbiamo già accennato e ne ripareremo. Per ora restiamo sull'*Homo erectus*.

Il famigerato Pitecantropo di Giava, tanto per fare un esempio, era un esemplare di *Homo erectus*. Questa specie è sopravvissuta così a lungo, estinguendosi solo 200.000 anni fa (e pure qui c'è da litigare, quindi non prendete questa data come oro colato), da riuscire a espandersi fino alla Spagna da un lato, all'India, alla Cina e a Giava dall'altro, e modificandosi per adattarsi ai diversi ambienti. Tanto per dirne una, la morfologia del cavo orbitale del cosiddetto "Sinantropo" (null'altro che l'*Homo erectus* i cui resti sono stati trovati in prossimità di Pechino) fa sospettare che costui avesse sviluppato gli occhi a mandorla, come risposta evolutiva allo stesso tipo di ambiente incontrato dagli asiatici moderni. Infatti, a parità di condizioni, se una soluzione è efficace, Madre natura tende a re – inventarla quando ce ne sia bisogno.

Inciso: l'esempio classico è quello degli occhi, in quanto "macchine per la visione". Nel corso dell'evoluzione da che esistono esseri multicellulari, almeno negli ultimi 470 milioni di anni, lo stesso tipo di struttura dell'occhio è stato reinventato decine di volte, in modo indipendente, per le diverse famiglie e specie di animali che si stavano sviluppando. Col risultato che, oggi come oggi, il nostro occhio somiglia abbastanza a quello del polpo, ma denuncia un'origine diversa, giacché il cefalopode ha una visione migliore della nostra. Infatti, nel suo caso, i nervi che portano l'informazione visiva al cervello non passano *davanti* alla retina come per noi, ma *dietro* la retina, come sembrerebbe più razionale. E scusate la lunghezza dell'inciso ma serve a chiarire due fatti. Il primo è spiegare per quale motivo, inizialmente, i diversi fossili di *Homo erectus* recuperati nelle diverse parti del mondo venivano classificati come specie diverse – essendoci differenze dovute all'adattamento – e solo in tempi un po' più recenti si è capito che si trattava solo di varietà razziali di una sola specie. Il secondo fatto è introdurre, accanto all'argomentazione del "Disegno Intelligente", quella del "Disegno Cretino". Se l'essere umano, con tutte le sue presunte perfezioni, rappresenta il culmine della creazione, e l'occhio, con la sua complessità enorme, la prova sperimentale del Disegno Intelligente, mi spiegate perché il progetto dell'occhio del polpo è molto più intelligente rispetto a quello dell'occhio umano? Come sempre, in queste masturbazioni mentali ci trovo sotto il solito dio – prezzemolo di cui ho accennato poco fa. Se permettete, Dio è un po' più "grande" rispetto a questo disegnatore imbranato, e lo vedremo alla fine del libro.

A forza d'incisi, permettetemi di tornare all'*Homo erectus*, e in particolare alla sua varietà vissuta in Africa, cui si assegna spesso il nome di "*Homo ergaster*", ovvero "Uomo artigiano", a causa dell'ampia varietà di oggetti in pietra a lui attribuiti. Anch'io seguirò a chiamarlo *ergaster*, perché d'ora in poi è opportuno distinguerlo dagli altri *erectus*. Compare attorno a 1,7 – 1,8 milioni d'anni fa e, secondo molti paleontologi, è pressoché certo che le sue capacità cognitive fossero superiori a quelle degli altri *erectus*, malgrado la sua capacità cranica non fosse molto maggiore. Da adulto, poteva diventare un omaccione, mediamente più grande degli uomini moderni, ed è così radicata l'idea che l'organizzazione neurale del suo cervello fosse un passo avanti rispetto agli altri ominidi, che si presume fosse in grado di gestire un linguaggio ben oltre semplici cenni, richiami ed esclamazioni connesse allo stato d'animo o alla scoperta di qualcosa d'interessante. In un modo ancora molto primitivo, l'*Homo ergaster parlava!* Ed è questa sua maggior evoluzione rispetto agli altri *erectus* a porlo *quasi* obbligatoriamente lungo la strada che porta a noi. Poi, ovviamente, ci sono altre considerazioni anatomiche, e non solo quelle culturali.

Perdonatemi se salto il discorso riguardante l'*Homo antecessor*, che potrebbe essere sempre nel filone che conduce a noi. Ne sappiamo ancora troppo poco ma, più che altro, vorrei mantenere il discorso abbastanza semplice, sapendo che, ormai, avete capito tutti che lo si può complicare a piacere. E Procedo.

Nel 1907, a Mauer, non lontano da Heidelberg, fu trovata una mascella fossile ben conservata. Per questo nuovo ominide fu coniata l'ovvia definizione. "*Homo heidelbergensis*" e, in seguito, se ne rinvennero ossa e crani un po' per tutta l'Europa, principalmente in Spagna. Pure costui era un omaccione ma, a differenza dell'*ergaster* da cui con ogni probabilità discendeva, la sua capacità cranica era davvero grande, poco meno o poco più di quella di cui godiamo noi. Per intenderci, andava dai 1100 ai 1400 cc. Confrontiamola con la nostra, che è in media 1350 cc. Ora, per quanto riguarda l'intelligenza, la capacità cranica non è tutto: conta molto anche l'organizzazione interna del cervello, e in particolare l'evoluzione dei lobi frontali dove si trova la materia grigia. Da questo punto, noi siamo vincenti – e di gran lunga – rispetto agli altri ominidi, ma un cervello di 1400 cc era comunque di tutto rispetto, e difatti la gran varietà, precisione e specializzazione dei manufatti litici dell'*heidelbergensis* dimostrano un'intelligenza considerevole. Se incontrassimo un individuo del genere per strada, probabilmente potremmo discuterci un po' della pioggia incessante degli ultimi giorni, come fanno gli Inglesi (*honi soit qui mal y pense*).

La prima apparizione di questa nuova specie, di sicuro nostra antenata, è sempre in Africa attorno a 600.000 – 700.000 anni fa. E qui bisogna fare molta attenzione al discorso che segue. Non perché prima l'attenzione non fosse necessaria, ma il punto è che, mentre fino all'*erectus* il discorso sulle genealogie era approssimativo, e vi ho imposto una serie di nomenclature per cui Enrico Fermi mi avrebbe classificato come botanico più che fisico, dall'*ergaster* in poi – e comunque, di certo, almeno dall'*heidelbergensis* in poi – l'albero genealogico dei nostri antenati diretti si fa pressoché certo. Ragion per cui dobbiamo seguirlo un po' più da vicino, anche perché ci stiamo avvicinando molto al discorso di Adamo ed Eva. E non ditemi che, di solito, si comincia da Adamo ed Eva quando si va per le lunghe, mentre io neanche ci sono arrivato: lo so, ma lo scopo di questo libretto era proprio di mostrarvi come non ci sia incompatibilità fra il racconto biblico e quello darwiniano, per quanto riguarda questo signore e questa signora.

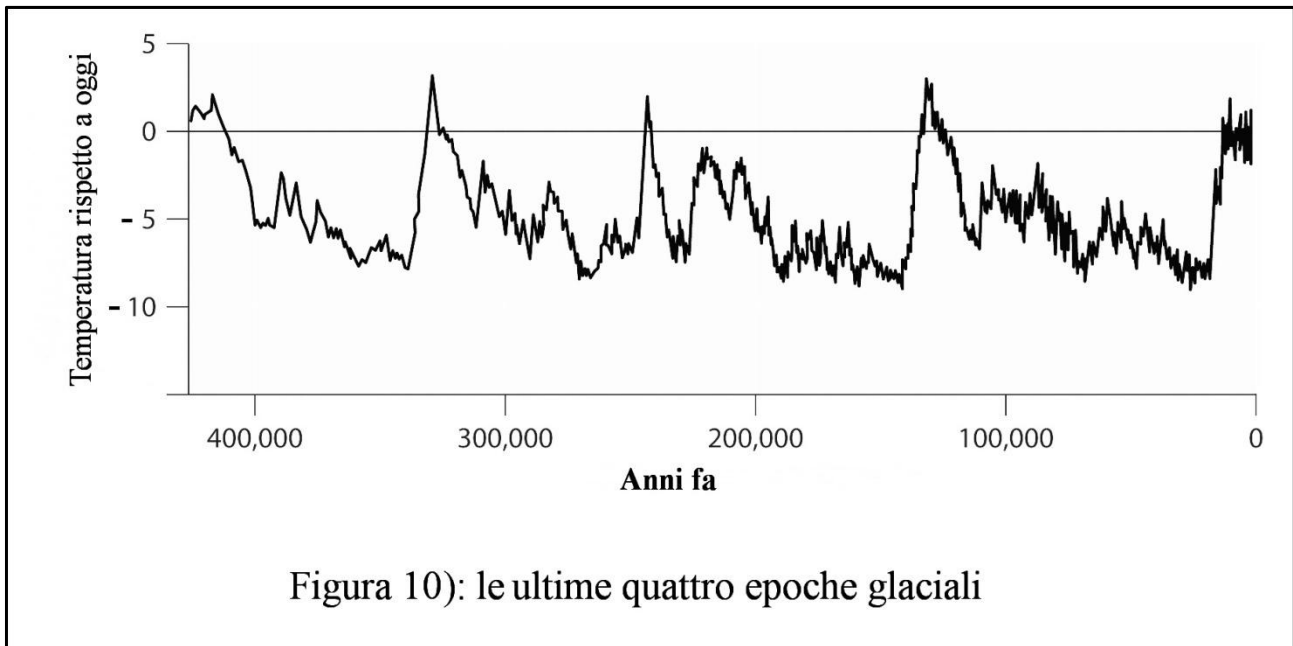
## 11) – Quando serve la pelliccia

Da moltissimo tempo, i paleontologi sanno che il clima terrestre non è stabile: al passare di migliaia e milioni di anni si alternano periodi nel corso dei quali la temperatura media è più alta di quella odierna, fino a tre o quattro gradi, ad altri molto più freddi, con la colonnina di mercurio (metaforica) che scende di sei – otto gradi, e vi assicuro che significa freddo, proprio freddo! Al punto tale che, circa 250 milioni di anni fa, dai poli fin quasi all'equatore la superficie terrestre era coperta dai ghiacci, e ciò fu causa dell'estinzione di oltre il 90% delle specie viventi sulla terra ferma (non negli oceani). La spiegazione *esatta* per queste oscillazioni del clima non è ancora stata chiarita, ma di sicuro vi contribuiscono diversi fattori. Io vi racconterò solo delle variazioni nella quantità di luce solare che giunge alla Terra; andiamo per ordine.

Come si fa a sapere che il clima cambia? Limitiamoci all'ultimo mezzo milione di anni, che è la parte di (prei)storia che c'interessa. Un periodo *recente*, su scala geologica, durante il quale la maggior parte degli esseri viventi che oggi popolano il pianeta aveva già raggiunto le caratteristiche attuali. Certo, non ci sono più i Mammut lanosi ed è un peccato, ma i leoni e i salici piangenti non sono cambiati molto, da allora a oggi. Ebbene: se trovassimo resti di renne artiche nel Tavoliere delle Puglie, non ci verrebbe il sospetto che, o i cavernicoli avevano catturato e divorato Babbo Natale, o all'epoca di quelle renne il clima terrestre doveva essere assai più freddo di ora? Al contrario: resti di gazzelle in Scandinavia non ci farebbero pensare a un clima più caldo? Questo è proprio ciò che si trova negli scavi e badate: non sto parlando solo di renne e gazzelle, ma di tutta la fauna di quei tempi.

Controprova: e la flora? Bene: avete presente l'umile polline che maledite ogni primavera, perché vi fa starnutire a più non posso? Ciascuna specie vegetale ha il proprio, e al microscopio le sferule irregolari si distinguono bene, per cui si può sapere con certezza da quale specie provengano. Ora, bisogna sapere che lo scheletro esterno dei grani di polline (le sferule, per l'appunto) è costituito da una delle più resistenti sostanze organiche mai realizzate dalla chimica della vita: la *sporopollenina* che resiste al caldo, al freddo, alle sostanze basiche, agli acidi, a quasi tutto quel che può venire in mente a un chimico, al punto tale che, a tutt'oggi, la sua struttura chimica non è ancora conosciuta con precisione. Per quanto ci riguarda, diremo solo che i grani di polline rappresentano *capsule del tempo* quasi perfette, resistendo inalterati per decine di millenni, e la loro analisi conferma le oscillazioni climatiche: specie arboree tipiche di ambienti caldi popolavano le alte latitudini quando vi si

trovavano anche animali che vivono al caldo, e viceversa. Ovviamente, la temperatura non è l'unico indicatore del clima; bisognerebbe prendere in esame anche la piovosità e altro, ma non voglio farvela troppo lunga: nell'emisfero settentrionale si sono verificati, negli ultimi 500.000 anni, almeno quattro lunghi periodi di freddo intenso, con temperature anche 8 gradi inferiori a quelle attuali, e cinque periodi più caldi, 3 – 4 gradi più di oggi, ma di durata assai più breve. Insomma, l'ultimo tratto dell'evoluzione umana ha avuto luogo durante un'epoca prevalentemente glaciale, come mostrato in Figura 10.



Per rendere più chiaro il concetto, pensiamo a una località di villeggiatura di montagna come Courmayeur, proprio a ridosso del Monte Bianco, in val d'Aosta. E non importa se non ci siete mai stati, perché il discorso si capisce lo stesso. Con una temperatura di 8 gradi inferiore a quella attuale, a Courmayeur si rimarrebbe sotto lo zero per diversi mesi l'anno, e il ghiacciaio della Brenva, che sovrasta la cittadina circa 1000 metri più in alto, comincerebbe a espandersi verso la valle. Ciò contribuirebbe a ridurre ancor più la temperatura di Courmayeur finché, prima o poi, una grossa nevicata gelerebbe per qualche mese, accumulando altra neve che, durante la breve stagione estiva, non farebbe in tempo a sciogliersi del tutto. L'inverno successivo la situazione peggiorerebbe, neppure gli spazzaneve riuscirebbero a tenere le strade libere dal ghiaccio, e diventerebbe pressoché impossibile il rifornimento di viveri e quant'altro (scusate l'eccesso di condizionali, ma egoisticamente preferirei che Courmayeur restasse a tiro di autostrada). Per gli abitanti, sarebbe giocoforza spostarsi più a valle e, al trascorrere degli anni, il ghiacciaio della Brenva finirebbe per conquistare la città. Anche gli altri due ghiacciai che scendono dal Monte Bianco lungo le valli laterali, a loro volta, confluirebbero nella Brenva che, via via, si

spingerebbe sempre più avanti. Anno dopo anno si fonderebbe con altri ghiacciai provenienti dalle convalle, che nel frattempo avrebbero già sepolto Rheme Notre-Dame, Cogne e sempre più in giù. Alla fine, sparirebbe la stessa Aosta, e il ghiacciaio sbucherebbe compatto in val Padana. Succo del discorso: le Alpi sarebbero totalmente coperte da un manto di ghiaccio che in alcuni luoghi raggiungerebbe anche un paio di chilometri di spessore. A Milano, nel mese di Luglio, farebbe più freddo di quanto ce ne faccia oggi a Gennaio.

Tutto questo discorso, per spiegare che un'epoca glaciale, pur senza troppo modificare la struttura delle terre emerse, ne coprirebbe di ghiaccio la gran parte, almeno in Europa, dove la banchisa polare seppellirebbe tutta l'Inghilterra, buona parte di Francia e Germania, renderebbe quasi invalicabili i Pirenei, e rischierebbe di saldarsi con i ghiacciai che scendono dal versante settentrionale delle Alpi. Difficile pensare che una situazione del genere possa essere stata del tutto ininfluenza sulle vicende dei primi umani, che si erano spinti in Europa durante un periodo mite, di breve durata (un migliaio d'anni). Prima di tornare ai nostri progenitori, però, devo mantenere la promessa di spiegarvi – nei limiti del possibile – il motivo di queste oscillazioni termiche.

L'astronomo Milankovitch (1879 – 1958) fu il primo a notare che l'orbita terrestre attorno al Sole non è rigorosamente stabile. Essa, infatti, è leggermente ellittica, e proprio le piccolissime deviazioni dalla circolarità perfetta la rendono vulnerabile a perturbazioni gravitazionali non indifferenti da parte dei pianeti giganti del Sistema solare: principalmente Giove, e un po' anche Saturno. La Luna, da parte sua, è già responsabile della Precessione degli Equinozi, che dura 25.800 anni, mentre i pianeti giganti aggiungono oscillazioni dell'orbita la cui durata è all'incirca 100.000 anni. Come esito finale, ci sono periodi durante i quali la quantità di luce solare ricevuta dall'emisfero settentrionale diminuisce del 2 – 3 %, mentre aumenta quella che cade sull'emisfero meridionale. Sembrerebbe poca roba ma, a conti fatti, una diminuzione del 3% nella luce solare che arriva a terra significa qualcosa come 8 – 10 gradi in meno. Misurazioni ormai molto precise delle temperature nell'ultimo milione di anni (non posso spiegarvi come, ma si tratta di dati affidabili) mostrano che le correlazioni con le curve di radiazione solare ci sono, anche se non possono essere tutta e sola la verità, e devono esistere altre variabili in gioco. Il principale indiziato è l'*effetto serra*, la cui importanza si comincia a chiarire proprio in questi anni, e vedremo cosa ci dirà la scienza nel XXI secolo; per noi è sufficiente stabilire che le fluttuazioni climatiche – principalmente glaciazioni – ci sono state, e l'evoluzione umana più recente può esserne stata influenzata.

## 12) – Heidelberg, in Africa centrale

Esaurita la lunga sezione sulle glaciazioni, torniamo all'*Homo heidelbergensis* il quale, come già vi dissi nella sezione 9), comparve in Africa. Perché, dunque, la sua denominazione così mitteleuropea? Il motivo è duplice, e in parte ve ne ho già accennato: in primo luogo, gli scavi paleontologici iniziarono in Europa e solo più tardi si estesero agli altri continenti; d'altronde, questo signore si divise ben presto in due gruppi, uno dei quali emigrò in Europa durante il primo dei cinque periodi *caldi*, definiti “interglaciali”, per poi restarci durante le glaciazioni. Dovette quindi adattarsi e modificarsi per rispondere alle variazioni climatiche, emergendo infine 200.000 anni fa circa sotto forma di quel nostro lontanissimo pro-pro-zio che risponde al nome di *Homo neandertalensis*. L'altro gruppo se ne restò in Africa, e pure lui dovette tribolare perché, anche se in quel continente il ghiaccio si limitava ai monti dell'Alante, al Kenya e al Kilimangiaro, la piovosità seguiva cicli tali da restringere assai le aree nelle quali la vicinanza di alberi e corsi d'acqua permetteva di trovare sufficiente cacciagione. Già, perché l'*Homo heidelbergensis* era ormai un cacciatore raffinato, e lo mostra la sua industria litica in cui trovano posto punte di lancia dalla lavorazione molto difficoltosa, che denunciava un'incipiente distribuzione delle attività lavorative ben strutturata, all'interno delle bande di qualche dozzina di famiglie nelle quali tendeva a raggrupparsi questa specie.

Non vi affliggo ulteriormente con la nomenclatura (Enrico Fermi docet), poiché l'*Homo heidelbergensis*, in Africa, viene spesso indicato con un nome diverso. Poiché il nostro antenato diretto è proprio lui, voglio piuttosto condurvi al momento in cui, circa 200.000 anni fa, questa specie attraversò una sorta di *collo di bottiglia* dovuto a una serie di concause, tra le quali spicca il clima ma altre ci sfuggono, che la condusse *quasi* all'estinzione. Sta di fatto che, da quel collo di bottiglia, emerse l'*Homo sapiens*, e cioè i nostri avi. Come lo sappiamo? In primo luogo dai reperti archeologici, ma avete mai sentito parlare della cosiddetta “Eva mitocondriale”?

Il mitocondrio è quell'organello della cellula eucariota che presiede alla gestione della principale fonte energetica della vita animale: la molecola di ATP (adenosin-trifosfato), ma non è questo il punto che interessa a noi. La caratteristica saliente dei mitocondri, è che il filamento di DNA in essi contenuto, con tutte le informazioni relative all'ATP eccetera, viene ereditato solo da parte di madre. In quella molecola di DNA non c'è traccia di eredità paterna. Di conseguenza esso contiene, potenzialmente, il codice per risalire lungo la nostra genealogia in linea femminile. Questo è proprio ciò che hanno fatto i genetisti: analizzare il DNA mitocondriale di



tutte le popolazioni oggi diffuse per il mondo, in modo da ricostruire, grazie alle piccole mutazioni spontanee che si verificano anche in questo DNA con una frequenza media abbastanza ben conosciuta – da poterci costruire un rudimentale *orologio evolutivo* –, quanto tempo fa tutti i DNA mitocondriali oggi esistenti ebbero un'origine comune. Vale a dire: quanto tempo fa è vissuta la più recente antenata comune a tutto il genere umano. Ricordate LUCA? Qualcosa di analogo, ma non identico, come vedremo tra poco. Il risultato? Congruente con l'archeologia. Circa 200.000 anni fa, da una popolazione ridotta a non più di 20.000 – 30.000 individui (qualcosa di molto vicino alla soglia che prelude all'estinzione) visse, in Africa Centrale, la nostra ultima antenata comune – antenata di maschi e femmine, badate – che, poco opportunamente, è stata definita “Eva mitocondriale”. E qui bisogna chiarire molte cose, perché stiamo entrando nel terreno spinoso la cui frequentazione mi ha convinto a scrivere questo libretto (oltre alle sollecitazioni...).

Inciso: d'ora in poi, contravvenendo ai canoni stabiliti da Linneo (1707 – 1778), scriverò semplicemente “Sapiens” e “Neandertal” con le maiuscole e senza corsivo, utilizzando questo stratagemma tipografico per rimarcare la grande importanza di queste due specie ominidi. E seguitiamo il discorso di avvicinamento al campo minato.

Prima, però, vorrei farvi notare alcune caratteristiche dell'evoluzione umana che, altrimenti, potrebbero scivolare nel dimenticatoio. La prima è che, più o meno negli stessi tempi, l'*Homo heidelbergensis* diede origine al Neandertal in Europa, al Sapiens in Africa. La seconda è un richiamo al piccolo numero di Sapiens esistenti nel momento in cui visse la famigerata Eva che, come vedremo tra breve, difficilmente ha qualcosa a che vedere con l'Eva biblica, malgrado l'omonimia (forzata). Infatti, una popolazione così bassa, distribuita in una superficie abbastanza ampia come la parte abitabile dell'Africa centrale, poteva finire per estinguersi così, casualmente, magari perché le tribù erano troppo piccole, e difficilmente s'incontravano tra loro. D'altra parte, però, sono proprio questi colli di bottiglia a sviluppare la massima potenza dell'evoluzione. Una mutazione con una *fitness* elevata, se si verifica in una popolazione molto numerosa, può anche sparire dopo un po' a causa dell'elevato numero d'incroci tra individui che non ne sono portatori. I modelli matematici lo insegnano: l'evoluzione darwiniana ha i suoi *apparenti* ritorni indietro casuali. Se, invece, la popolazione è molto ristretta, è altamente più probabile che una mutazione con maggiore *fitness* riesca a propagarsi per tutta la specie, posto che quest'ultima riesca a non estinguersi.

Veniamo al significato della denominazione “Eva mitocondriale” che, se non vi dispiace troppo, d'ora in poi abbrevierò con **EM**. È ormai certo che tutti gli esseri

umani (sono stati analizzati i mitocondri di tanta gente, sparsa dovunque per il mondo) discendono, per via materna, da **EM**. La quale, dunque, ha avuto figli, nipoti, e così via, che alla fine hanno soppiantato, sempre senza saperlo, i discendenti di qualsiasi altra femmina vissuta prima di lei. Fermo restando che non tutti gli umani viventi sono stati sottoposti ad analisi – io no, per esempio – e di conseguenza è teoricamente possibile *ma improbabile* che, un giorno o l'altro, si scopra qualcuno che, da parte di madre, non discenda da **EM** bensì da un'altra signora che, a questo punto, non saprei come denominare, il problema è come mai si sia verificata questa situazione. Vale a dire: com'è stato *tecnicamente* possibile che i discendenti di **EM** abbiano soppiantato quelli di ogni altra donna. La risposta, secondo l'opinione comune, è proprio che l'umanità stesse passando allora per un collo di bottiglia. Ciò potrebbe essere avvenuto in conseguenza di fattori climatici, ma le cose sono un po' più complicate e interessanti. Ora vi dico.

Come si generano nuove specie a partire dalle vecchie? Per accumulo di mutazioni, alcune delle quali avranno un effetto molto piccolo sulla progenie, mentre altre, assai più rare, possono condurre a differenze macroscopiche, specie se riguardano la struttura del sistema nervoso e il funzionamento del cervello. Così, ipotizzando di poter individuare una *mutazione qualificante* che trasformò l'*heidelbergensis* in Sapiens (magari un piccolo gruppo di mutazioni significative per quanto riguarda l'organizzazione cerebrale), si giunge a concludere che – come Darwin insegna quando lo si legga attraverso la lente della genetica molecolare – a volte possono sorgere nuove specie in tempi rapidissimi, e il Sapiens è probabilmente una di queste. Se ciò fosse avvenuto, e bisognerà aspettare ancora molti risultati dall'archeologia, dalla paleontologia e dalla genetica prima di affermare che è successo davvero, **EM** potrebbe essere stata una delle primissime, e pochissime, *mulieres sapientes*, e il suo patrimonio genetico, sorteggiato dal caso su pochi esemplari, sarebbe giunto fino a noi.

Quest'ultima ipotesi è solo il caso estremo di quella del *collo di bottiglia*; sta di fatto che, ormai, genetica e archeologia concordano nell'identificare il tempo di origine dell'umanità attuale a circa 200.000 anni fa, e il luogo nell'Africa centrale. Con le dovute precauzioni, perché poco fa ho parlato di *orologio biologico*, e non è detto che gli artigiani che lo costruiscono e lo perfezionano via via, e cioè i genetisti, siano riusciti a far battere al pendolo il secondo esatto. Fuori di metafora: sappiamo ormai che il DNA è soggetto a mutazioni casuali inevitabili, e queste si accumulano al passare del tempo. Così accade anche per quello nei mitocondri. Supponiamo che paleontologi e genetisti siano riusciti a raggiungere un accordo del tipo: “nel corso di  $N$  generazioni, e cioè di  $T$  anni, si verificano, in media,  $Z$  mutazioni”. Allora,

contando il numero di differenze nel DNA mitocondriale che separano un sudafricano da un sudamericano (bisogna stare attenti a scegliere due campioni che abbiano il *massimo* numero di mutazioni diverse), potremmo concludere che l'antenata comune è vissuta *TOT* anni fa; per esempio, i fatidici 200.000. Purtroppo, la frequenza *reale* con cui avvengono le mutazioni è nota solo in prima approssimazione e, se chiederete a un genetista: «Non è possibile che la frequenza sia sottostimata di un fattore 2, per cui *EM* sarebbe vissuta solo 100.000 anni fa?» la risposta sarà una lunga dissertazione su come si calibra l'orologio biologico, seguita, in ultima analisi, da un'alzata di spalle.

Comunque si voglia rigirare la frittata – e dovremo tornarci quando prenderemo di petto gli argomenti più spinosi – l'umanità attuale si è evoluta a partire da uno sparuto gruppuscolo di esemplari, circa 200.000 anni fa in Africa centrale e, se non bastasse la genetica, lo dimostrano i manufatti in pietra che, quasi all'improvviso, acquistano una precisione di esecuzione più elevata rispetto ai precedenti ma, soprattutto, si *diversificano*. Vedendoli in una vetrina di un museo – magari con una buona guida che ci faccia notare i dettagli – riusciamo a capire come ciascuno di essi sia stato *pensato*, e realizzato, in base a un progetto specifico, e per *quella* precisa esigenza; proprio *quella*, e non un'altra. Tutto ciò richiede una capacità di astrazione spaziale e temporale tipica degli umani di oggi, al punto che noi stessi facciamo fatica a *visualizzare* intellettualmente questi oggetti in maniera tridimensionale, senza disegnarli in prospettiva, e ben maggiore rispetto a quella dell'*heidelbergensis* che – non dimentichiamolo – era comunque già assai sviluppata per conto suo.

Insomma: a parte la genetica e l'industria litica, ci sono altri indizi dell'ingresso in campo di noi Sapiens? Caspita se ce ne sono! Abbiamo quello fondamentale: in termini forensi si potrebbe dire che esiste flagranza di reato e piena confessione. In termini paleontologici, la pistola fumante è il cranio: quello dell'uomo moderno, con la fronte alta, capace di contenere un cervello dai lobi frontali ben sviluppati. Non è questione di *volume* puro e semplice del cervello: anche l'*heidelbergensis* poteva raggiungere i 1400 cc come noi, e il Neandertal ci sopravanzava addirittura di quasi 200 cc. Ma l'organizzazione interna era differente; in entrambi i casi erano molto più sviluppati i lobi *temporali* e *occipitali*, vale a dire la parte posteriore del cervello. Che significasse di preciso è difficile dirlo, anche perché neppure sappiamo con certezza quali siano le funzioni di queste regioni nel *nostro* cervello.

Provo a raccontare ugualmente qualcosa, ma non sono argomenti sui quali mi sia molto soffermato, e perciò “Se sbaglio mi correggerete”, ma il discorso generale funziona lo stesso. In prima approssimazione, si può dire che l'occipite ha a che vedere con la visione. Il lobo temporale coordina l'organismo in generale

(metabolismo incluso?) e, forse, è correlato alla memoria. Di sicuro sappiamo solo che le funzioni intellettuali “superiori”, proprio quelle legate all’*astrazione* che consentiva ai primi Sapiens di ideare oggetti complessi e sequenze temporali di azioni per realizzarli, sono a carico dei lobi frontali, e questi sono una caratteristica nostra e soltanto nostra. Non che i Neandertal fossero cretini, intendiamoci: erano in grado di parlare e comunicare anche concetti non banali, e la loro industria di pietra lavorata evolveva (lentamente) come risposta al variare dell’ambiente, ma difficilmente ci saremmo potuti attendere, da un Neandertal, la Nona sinfonia di Beethoven. Su questi argomenti, qualcosa in più nella prossima sezione, dopodiché potremo cominciare ad avventurarci nel campo minato dei rapporti tra evolucionismo e Adamo ed Eva. E quelli, più generali, tra la Creazione e Dio.

### 13) – In Europa, frattanto...

Siamo arrivati attorno a 100.000 anni fa. Le regole del gioco sono ben delineate. In Asia gli ultimi *Homo erectus* gironzolano ancora, ma si stanno via via estinguendo. Solo in Indonesia, nell'isola di Flores, ancora vivacchia un nostro parente (forse) lontanissimo, di dubbia legittimità; si estinguerà solo attorno al 10.000 a.C. Ve ne accennai un po' di tempo fa: è l'*Homo floresiensis* denominato "Hobbit" per la sua bassissima statura (e la capacità cranica inferiore a 400 cc). Potrebbe trattarsi di un ultimo discendente dell'antichissimo *Homo habilis*, giunto lì Dio solo sa come, perché nessuno ha mai trovato tracce del tragitto da lui seguito dall'Africa all'Indonesia. È in grado di costruire oggetti di pietra, ma la sua cultura è davvero a livelli primordiali. Ne sappiamo ancora troppo poco per sbilanciarci; occorreranno altri scavi e altri studi. Per il resto, al mondo restano solo due specie di *Homo*. O tre, se si considera un'ulteriore discendente – forse – dell'*ergaster*: il cosiddetto *Homo denisoviensis* vivente nelle steppe tra Siberia e Altai, ma abbiate pazienza se non ne parlo oltre perché complica il discorso inutilmente e, qualora indispensabile, non sarebbe difficile da integrare nel quadro generale che vi sto sottoponendo. In Europa c'è il Neandertal, in Africa il Sapiens. Se esistono ancora *heidelbergensis* "puri", si vanno estinguendo pure loro.

In quest'epoca, approfittando di una fase di pausa tra le glaciazioni, un gruppo abbastanza sparuto di Sapiens entra in Medio Oriente e poi in Europa dove, quindi, convive con i Neandertal. Questa coesistenza deve essere stata abbastanza pacifica, poiché la densità di popolazione era molto bassa e le occasioni di scontro pressoché inesistenti, anche grazie alla gran quantità di cacciagione per tutti. Gli archeologi sono stati un po' confusi, e per diversi anni, nell'analisi di ritrovamenti in una grotta del Monte Carmelo, in Palestina, dove ci sono residui di Sapiens in strati molto profondi e perciò più antichi, poi di Neandertal in strati intermedi, e quindi nuovamente di Sapiens negli strati superiori. Alla fine si è capito che non ci fu un unico evento di migrazione dei Sapiens fuori dall'Africa, ma almeno un paio. In particolare, mentre i primi Sapiens giunti in Europa finivano per tornarsene indietro o estinguersi col riacutizzarsi del freddo, e i Neandertal si espandevano fino al Medio Oriente, una seconda migrazione di Sapiens ebbe luogo tra gli 80.000 e i 60.000 anni fa. I nostri antenati cominciarono allora a popolare il resto del mondo muovendosi prevalentemente lungo le coste; entrarono in Arabia, poi in India, in Cina, e...

Un inciso: durante i picchi di freddo, molta acqua finiva segregata nei ghiacci continentali, e il livello del mare scendeva. Così, l'Indonesia, e perfino l'Australia,

erano collegate all'Asia da ponti di terre emerse, o comunque erano visibili oltre stretti bracci di mare, e il loro popolamento da parte dei Sapiens data da queste epoche. In Europa, perfino il canale della Manica era a secco, e quindi il *Times* dell'epoca non avrebbe potuto pubblicare: "Il Continente è isolato". Quest'ultima situazione durò fino a circa 10.000 anni fa, quando l'innalzamento delle acque impedì le passeggiate nella tundra fra Calais e Dover. Il popolamento delle Americhe attraverso lo Stretto di Bering, pure quello a secco o quasi, fu relativamente recente a causa dell'alta latitudine del ponte di terra. Al più presto, gruppi di cacciatori siberiani impellicciati, spostandosi verso Nord e poi Est, giunsero in Alaska attorno a 18.000 anni fa, e di lì sciamarono rapidamente verso Sud seguendo la costa e liberandosi dalle pellicce. Ma il discorso sul popolamento del resto del pianeta non rientra più negli scopi del libro; noi ci soffermeremo su ciò che avveniva in Europa, perché qui ebbero luogo possibili incontri di un certo interesse, che riguardano pure gli argomenti spinosi nei quali entreremo nella prossima sezione.

Dopo molti tentennamenti, sembra ormai che gli antropologi abbiano accettato l'idea che i Neandertal, almeno saltuariamente, da 50.000 anni in qua, e forse da più di 100.000, seppellissero i loro morti con qualche offerta funebre: fiori (lo sappiamo dal polline), forse collane di perline, pezzi di carne con l'osso. Le ossa, estranee alla sepoltura, e tutto il resto, fa ritenere che ci si trovi di fronte a doni votivi. È difficile non pensare a un qualche genere di credenza nella sopravvivenza dopo la morte, pur se non sappiamo nulla di più in proposito. Tranne questo: l'uomo di Neandertal, a modo suo, *pregava*. Bisognerà ricordarsene tra poco.

Attorno a 60.000 anni fa, i Sapiens ricominciarono a spingersi verso l'Europa. Non che ci facesse meno freddo, ma ormai i nostri antenati diretti avevano elaborato una cultura assai ben organizzata, in grado di fronteggiare con discreto successo le avversità climatiche. A volte, queste tribù sono state accusate di aver combattuto i Neandertal fino a condurli all'estinzione, ma di tutto ciò non v'è traccia nei ritrovamenti archeologici, anche perché le specializzazioni negli stili di vita delle due specie umane coesistenti erano abbastanza diverse, e i contatti saranno stati sporadici, privi di ragioni di attrito. E qui voglio raccontarvi una storia d'amore.

Un Signor Sapiens adocchia una Signorina Neandertal di buona famiglia, bionda, con gli occhi celesti (perché in tal modo si erano adattati i Neandertal per sopravvivere alla poca luce solare nell'Europa glaciale), rotondetta assai, robusta in modo da poterle affidare tutti i lavori di caverna, e farle carreggiare le buste di renna al ritorno dalla caccia. Per di più, la fanciulla in questione appare un tantino stupidotta. La moglie ideale! *Fauste nuptiae* vengono celebrate. Oppure, sapendo che sono sempre le donne a scegliere, raccontiamo la storia da un'altra angolazione. Una

Signorina Neandertal s'innamora di un Signor Sapiens alto, slanciato, dalla pelle bronzo scuro e dagli occhi di un nero in cui lo sguardo si perde (perché così ci eravamo adattati noi Sapiens nell'Africa da cui provenivamo), gran cacciatore, conversatore brillante e dalla lingua sciolta. Pur essendo stupidotta, la Signorina sa benissimo che farebbe bene a sembrare ancor più stupidotta (e robusta) di quanto sia già. Una sera, dopo aver molti tentennamenti, decide di riscaldare il giaciglio di coperte in cui dorme l'amato, e lo avvolge con le sue generose rotondità. Così, la Signorina Neandertal diventa la Signora Neandertal in Sapiens. La prole? Questo è il punto. La cosa ci confonde un po' ma, come l'ho appresa, ve la racconto.

Analisi recenti del DNA semi-fossile dei Neandertal sembrano mostrare che in tutti i gruppi umani moderni – tranne che in quelli africani – sono presenti tracce molto modeste di DNA Neandertal (e addirittura *denisoviensis*). Come se ci fosse stata qualche saltuaria ibridazione, ma solo con i Sapiens che stavano uscendo dall'Africa, mentre quelli rimasti laggiù hanno conservato il DNA Sapiens allo stato puro (ma neanche questo è del tutto certo...). Gli scienziati ancora dibattono sulla reale possibilità d'ibridazione in quanto, tra due gruppi separatisi da almeno 400.000 anni ed evoluti in modo profondamente diverso, l'accumulo delle differenze genetiche avrebbe dovuto condurre a *specie* diverse, e ricordo che due specie sono diverse proprio in quanto *non* sono interfeconde. Come l'asino e il cavallo, che possono generare il mulo, ma quest'ultimo è sterile, e non è in grado di trasferire geni del cavallo all'asino e viceversa. Qui, invece, dovremmo ammettere che Neandertal e Sapiens non fossero ancora specie *completamente* diverse, e che restasse un qualche margine d'ibridazione poiché, se troviamo ancor oggi geni Neandertal nei Sapiens, la prole di un matrimonio misto avrebbe dovuto mantenere l'interfecondità.

Tutto lascia pensare che la vicinanza relativa tra le due specie – ma forse, a questo punto, sarebbe meglio parlare di due varianti estreme di una stessa specie – fosse di giovamento a entrambe, poiché l'industria litica europea dell'epoca migliora progressivamente con scambi culturali tra i gruppi. Ma il modo di vita dei Neandertal sembra essere ormai troppo specializzato (non mi dilungo su come), mentre il Sapiens è in grado di mantenersi più flessibile e adattabile. Attorno a 30.000 anni fa gli ultimi Neandertal si estinguono e, da allora, il Sapiens è ormai diffuso in tutto il pianeta, a parte le Americhe dove arriverà più tardi, e l'eccezione dell'*Homo floresiensis*, che lascia perplessi sulla lunghissima durata, forse due milioni d'anni, d'una specie così primitiva, ma così è: se ce l'ha fatta davvero, tanto di cappello.

Qui finisce la presentazione sull'evoluzione della vita, dal frammento di RNA **COPIAMI** a noi, basato su una serie di semplificazioni che farebbero accapponare la pelle a qualsiasi paleontologo o genetista ma che, secondo me, riescono comunque a

convogliare alla persona non esperta di questi argomenti il succo del discorso scientifico. Ora si passa a qualcosa di molto diverso. E, siccome sarà necessario ricordare diverse nozioni paleontologiche finora acquisite, vi pregherei di ripassare almeno la parte riguardante l'*EM* e tutto ciò che riguarda gli *orologi biologici* contenuti nel DNA in genere.



## 14) – Adamo ed Eva!

Perché non ho voluto identificare l'Eva biblica con quella mitocondriale di 200.000 anni fa? Ci sono diverse ragioni, e ora ve le spiegherò, promettendo in cambio di giungere comunque, con ragionevole verosimiglianza scientifica, a una coppia di progenitori comuni a tutto il genere umano, il cui nome non mi è noto ma che, per comodità di discorso, chiamerò con un titanico sforzo di fantasia: “Adamo ed Eva” senza altre specifiche. E cominciamo a parlare del cromosoma *Y*.

Abbiamo visto come sia quest'ultimo a distinguere i maschi dalle femmine. In particolare, mentre i maschi ereditano il cromosoma *X* solo dalla madre, le femmine ne prendono uno dal padre e uno dalla madre. Ma a noi questo interessa poco, giacché ormai siamo focalizzati sul solo cromosoma *Y*. Chi lo eredita, infatti, può prenderlo solo dal padre, e nasce maschio. Insomma: decifrando il DNA del cromosoma *Y* è possibile seguire l'ascendenza *per parte maschile*, analogamente a come il DNA mitocondriale ci permette di seguire quella *per parte femminile*. Ebbene: l'analisi del cromosoma *Y* (che ha dovuto attendere qualche anno in più rispetto a quella mitocondriale) si è conclusa con l'identificazione dell'“Adamo cromosomico” (d'ora in poi *AC*), antenato comune a *tutti gli esseri umani attuali di sesso maschile*. Attenzione: notate bene che in quest'ultimo caso sto parlando solo degli esseri umani *di sesso maschile*. E vi ricordo pure per l'ultima volta che l'analisi del DNA mitocondriale (ereditato sempre e solo dalla madre), mostra che siamo *tutti, maschi e femmine*, discendenti dell'*EM*.

Quando visse questo signor *AC*? Fu contemporaneo dell'*EM*? Neanche per sogno! Il nostro *AC* è assai più recente: risale a 75.000 – 80.000 anni fa, e questo corrisponde a un secondo collo di bottiglia incontrato dall'umanità, oltre a porre un *terminus post quem* relativo allo sciamare dei Sapiens dall'Africa.

La cosa ci disturba un po'. Avremmo preferito che gli “Adamo ed Eva genetici” fossero contemporanei, per identificarli con gli Adamo ed Eva *tout court*, non è vero? Pazienza: proviamo a ragionare (in questi casi non fa mai male). Partiamo dall'*EM*. Da essa discendono tutti i Sapiens attuali, d'accordo? Ma, allora, se ci pensate solo un attimo, capirete che si può dire la stessa cosa anche della *madre* dell'*EM*, non vi pare? E della nonna, della bisnonna... di ogni antenata, lungo l'ascendenza *per parte femminile*, dell'*EM*, si può dire che fosse “Eva” in senso stretto, poiché è in ogni caso l'antenata comune di ogni essere umano dei nostri tempi. *EM* è stata solo l'*ultima* antenata comune, ma prima di lei, *tutte* le sue antenate in ascendenza femminile sono anche antenate di ogni Sapiens che popola il pianeta ai nostri giorni. Fin qui è chiaro?

Adesso veniamo all'**AC**. Per lui, vale pari pari lo stesso discorso, solo che riguarda l'ascendenza maschile. Egli è stato l'*ultimo* antenato comune di ogni maschio vivente, ma suo nonno, il suo bisnonno, perfino il suo antenato per ascendenza maschile diretta vissuto contemporaneamente all'**EM**, è stato pure l'antenato comune di ogni maschio che, al giorno d'oggi, maltratta la moglie e ne è maltrattato. Vogliamo dire, perciò, che nulla osta, dal punto di vista rigorosamente darwiniano, che un antenato in linea maschile diretta dell'**AC** abbia *sposato* l'**EM**, e costoro siano gli Adamo ed Eva biblici?

Qui mi tocca sollevare due punti, il primo dei quali è semplice da capire, il secondo un po' più sottile. Anzitutto, ragioniamo ancora per un momento: se abbiamo individuato una linea maschile, e una femminile, che, da 200.000 anni fa in su (vale a dire 300.000 come 500.000 o 1.000.000 di anni fa) coesistevano, e sono gli antenati di ogni essere umano *oggi* esistente, maschio o femmina, la statistica afferma che è così improbabile, da rasentare l'impossibilità, che due di questi antenati *non* abbiano avuto una prole in comune, dalla quale discende, perciò, tutta l'umanità dei nostri giorni. Anzi: giacché le popolazioni proto-umane di quei tempi contavano numeri molto piccoli, e vivevano nelle stesse regioni, chissà quante volte ci saranno stati degli "Adamo ed Eva" da cui discendiamo tutti. E chissà quando, per giunta!

Il secondo punto è un po' meno facile da intuire, e abbiate pazienza se mi appello ancora alla vostra attenzione. Supponiamo che **EM** abbia avuto due figlie femmine che, per comodità di discorso, chiamerò *Anastasia* e *Genoveffa* come le sorellastre di Cenerentola. E immaginiamo pure che, tra i gruppi umani oggi esistenti, uno discenda tutto da Anastasia, l'altro tutto da Genoveffa (non m'interessa chiarire il significato del termine "gruppo" perché è irrilevante ai fini del discorso). Adesso dobbiamo accettare l'idea – è solo un esperimento sulla carta, quindi non allarmatevi – che, per un motivo a noi ignoto, nel giro di mille anni i discendenti di Anastasia si estinguano fino all'ultimo. Una malattia genetica? Chi lo sa? Resta che, tra mille anni, tutta la popolazione umana discenderà dalla sola Genoveffa, e in quel momento *sarà diventata lei la nuova EM!* Chiaro il discorso?

Tutto ciò desterebbe in noi solo un pizzico di curiosità, se non fosse che, in passato, chissà quanti ceppi umani si saranno estinti! Ragion per cui è assai probabile che sia successo il gioco all'incontrario: l'**EM** di mille, diecimila, centomila anni fa, sarà stata la madre, la nonna, la bisnonna, eccetera, dell'*attuale EM*, risalendo sempre più all'indietro lungo la genealogia femminile, quanto più risaliamo all'indietro nei tempi, e quanti più rami dell'evoluzione umana si saranno seccati prima di giungere ai nostri giorni. Insomma: non è dato (almeno per ora, e forse mai) sapere quando

visse *Eva tout court*, madre di tutti gli esseri umani di ogni tempo e paese. Di sicuro, sappiamo solo che visse *prima* dei fatidici 200.000 anni fa della *nostra EM* di oggi.

In ogni caso, in tempi remotissimi, le coppie di “Adamo ed Eva” tra le quali, volendo, se ne potrebbe selezionare una di tipo *biblico*, saranno state un numero enorme e, perfino se ci furono scappatelle extraconiugali, oggi non è rimasto in vita nessun discendente *illegittimo*, ma solo quelli derivanti dalla prole *legittima*, e non è certo questo il punto della situazione, se vogliamo restare sul piano scientifico. L’unica conclusione importante da trarre a questo punto è che, al pari di ogni scienza, così come il darwinismo non può dimostrarci che un bel giorno ci fu un intervento da parte di Dio, non può neppure affermare che, di sicuro, questo intervento non abbia potuto aver luogo. Resta spazio abbondante affinché Dio si sia sbizzarrito a combinare quel che voleva (vedi tra un paio di paragrafi), senza che a noi sia dato, a posteriori, di coglierlo *in flagrante reato* o di *assolverlo per non aver commesso il fatto*.

Stiamo entrando nell’ultima parte del libro, e da qui in poi, vorrei mantenere il discorso sul piano religioso. Ci provo partendo, anche in questo caso, da lontano. Il mio punto di vista “approssimativo” è che il monogenismo, il Paradiso terrestre con l’assenza del dolore e della morte, il Peccato originale e via discorrendo, sono dogmi della Chiesa cattolica, e in quanto tali non si discutono. Altro, però, è *discutere*, altro è *capire*. Nel corso dei secoli, è avvenuto che, per alcuni dogmi, sia stato necessario intervenire, specie durante i Concili ecumenici, con documenti che, in linguaggio ministeriale, potremmo definire “Circolari esplicative”. Quanto segue non mi sembra in contrasto con l’essenza dei vari dogmi; per l’ennesima volta ripeto, però, che non intendo invadere il territorio altrui, ma limitarmi a esprimere un punto di vista *scientifico* sulle affermazioni contenuti nei dogmi medesimi. Spero di essere stato chiaro.

Torniamo ai Neandertal, che seppellivano i morti perché, in qualche modo che non conosciamo, ma senza che possano esistere dubbi sul punto fondamentale che ci riguarda, credevano in qualche sorta di esistenza dopo la morte. Da parte di Dio, mi sembrerebbe uno scherzo da prete lasciar loro credere di possedere un’anima immortale, senza avergliela concessa davvero e, se Dio – tra le sue perfezioni filosofiche – qualcosa *non* è di sicuro, sappiamo che *non* è un prete. Perciò, vi dico qual è il mio modo di affrontare il problema di Adamo ed Eva biblici.

Appena venne al mondo il primo ominide che, grazie alla mutazione darwiniana giusta (potremmo definirla *risolutiva*, ma preferisco tenere il profilo più basso possibile), fu in grado di cominciare a intendere la possibilità dell’esistenza di un piano *soprannaturale*, Dio non attese altro per farlo diventare “Uomo” anche nel

sensu religioso del termine, infondendogli un'anima immortale, rivelandosi a lui, e chiedendogli di contraccambiare il Suo amore. Monogenismo in senso puro, come richiedono le Scritture e l'evoluzionismo darwiniano.

Non so se questo primo Uomo fosse maschio o femmina, e non m'interessa. Dico solo che il *partner* non poteva essere *troppo* meno evoluto di lui/lei. E neppure posso escludere che Dio si sia premurato di fornire anche al *partner* la mutazione che lo/la rendeva Uomo; ai fini del discorso seguente mi sembra poco importante il dettaglio della situazione che, comunque, oggi non è più ricostruibile su base genetica o paleontologica. Il Peccato originale? Il rifiuto, da parte dell'Uomo, di aderire al progetto di Dio, esplicitando la volontà di plasmare la Terra solo con le proprie forze. Non credo che ci sia stata una gran circolazione di mele, prugne o albicocche, attorno a questo episodio. Ho addirittura sentito parlare di stravaganze come un *peccato sessuale*! Forse è il residuo di una vecchia mentalità, che vedeva la Chiesa sanzionare con asprezza spropositata le violazioni al sesto Comandamento; posso solo sperare che i sostenitori di questo punto di vista bizzarro la piantino...

Il Paradiso Terrestre, il serpente e la cacciata di Adamo ed Eva datano da quell'epoca. Quando fu? Non lo so, ma di sicuro precedette la separazione dei due gruppi di *Homo heidelbergensis* che poi evolsero in Neandertal in Europa, in Sapiens in Africa. Insomma: l'*Homo heidelbergensis*, e con tutta probabilità perfino l'*Homo ergaster*, a mio modo di vedere, erano già Uomini, cosicché i poveri Neandertal, tribolando tra i ghiacci in Europa, si portavano appresso il Peccato originale commesso dai loro lontanissimi antenati, né più né meno che i nostri antenati Sapiens tra le boscaglie africane. Altro che **EM** e **AC**! Dio creò l'Uomo a propria immagine e somiglianza dall'argilla (e dall'acqua, e dall'anidride carbonica ecc.), scegliendo – fra le tante possibilità a Sua disposizione – l'evoluzione darwiniana per generare il corpo fisico, e il Suo intervento diretto, col dono di un'anima immortale, allo scopo di perfezionare nell'Uomo la Propria immagine. Grazie alla paleontologia, sappiamo che ciò avvenne *almeno* mezzo milione di anni fa, e forse *molto prima*, poiché non siamo in grado di conoscere le capacità intellettuali dell'*Homo erectus*, o di quello *abilis*, e chi più ne ha più ne metta. Capirete che, riportato in questi termini, il problema *paleontologico* di Adamo ed Eva non esiste più, specie considerando quanto abbiamo concluso ragionando sugli antenati dell'**EM** e dell'**AC**. Come diceva sempre lo stesso Galileo, Dio ci ha dato due libri: il primo è la Scrittura, e cioè la Rivelazione, per quanto riguarda le verità spirituali; il secondo è la Natura, scritto sempre da Dio stesso, e qui l'intelletto umano – dono di Dio – fa le veci della Rivelazione. Come viene definita la ricerca razionale sul Creato, dal Beato Giovanni Paolo II? Se la memoria non m'inganna, la dizione è: "Pastorale dell'intelletto".

In ogni caso, come succede spesso, risolto un problema se ne presentano altri. Sul Monogenismo, abbiamo visto esiste un'ampia possibilità di convergenza tra fede e scienza, ma dov'era il Paradiso terrestre? Cosa vuol dire che l'uomo era immune dalla sofferenza e dalla morte? Se vogliamo ragionare su argomenti del genere, ho trovato conveniente lasciar andare per conto loro i milioni d'anni e venire a tempi più recenti: una ventina di secoli fa. Qui sto invadendo in modo più diretto il territorio della Teologia, e il mio potrebbe essere interpretato come un intervento a gamba tesa; faccio ammenda preventiva, disposto a ritrattare ancor prima che mi vengano comminati i sei tratti di corda regolamentari.

Secondo la Religione cattolica, noi conosciamo due esempi di persone nate senza Peccato originale e, di conseguenza, o almeno presumibilmente, immuni dalla sofferenza e dalla morte. Esempi *storici*, si badi bene, e perciò non da interpretare in senso figurato come – per esempio – le sei giornate della Creazione, ma così come sono raccontati, in base ai fatti nudi e crudi. È ovvio che mi riferisco a Maria, madre di Dio, e allo stesso Gesù, in quanto pienamente uomo oltre che pienamente Dio.

Ebbene: se mi limitassi alle apparenze, da osservatore esterno, direi che nessuno dei due è andato immune dalla sofferenza e dalla morte ma, prima di gridare all'eresia, aspettate ancora poche righe. Poi, se ancora lo riterrete opportuno, potrete portare il malloppo all'Inquisitore di guardia il quale mi obietterà che questi due esempi non sono applicabili, perché esenzione da dolore e immortalità fisica vanno riferiti solo ai progenitori ancora immuni dal Peccato originale, mentre Maria e Gesù vissero in un mondo già guastato dal Peccato medesimo. Può essere, ma fatemi sviluppare la mia linea di pensiero.

Domanda: la sofferenza, fisica o spirituale, di chi si trovi *pienamente e consapevolmente* inserito nel disegno divino, *senza dubbi né tentennamenti*, è davvero paragonabile a quella di chi, come tutti noi poveri mortali, dubita, si agita inutilmente, non sa che pesci prendere, prega per cinque minuti e poi si distrae, e non ho bisogno di andare avanti a specificare poiché ogni lettore ha, purtroppo, esperienza diretta di quanto sto descrivendo? Maria che vede il proprio figlio condotto a salire per la strada del Golgota sotto il peso della croce, frustato e martirizzato in ogni modo, non può certo gioire o, comunque, andare esente dal dolore nel senso che noi diamo al termine. Ma, per quanto possiamo permetterci di scrutare nella sua mente (poco), ella sa che tutto ciò è solo la premessa indispensabile per un bene infinitamente maggiore, per la redenzione di tutto il genere umano. Perciò offre a Dio la sua sofferenza, e Dio non lascia che la Vergine si affacci sul baratro della disperazione.

Credo che il cuore dell'argomentazione sia qui: immunità dalla sofferenza, dal mio punto di vista, non significa necessariamente immunità dal riflesso nervoso che giunge al cervello e suscita percezioni fisiologiche o psicologiche sgradevoli. Deve essere qualcosa di molto più elevato: *non solo non disperare* ma, al contrario, per Grazia divina, riuscire a vivere anche la percezione sgradevole come *un gradino che si sta salendo* per giungere a una *più completa unità con Dio* e, allo stesso tempo, un contributo auto-evidente alla *realizzazione del piano di Dio sull'uomo*. Non so se ho reso il mio pensiero, e se sono stato in qualche modo convincente. Forse no, ma questo è il massimo che io riesca a concepire. E veniamo alla morte.

Il corpo fisico è marcescibile; la Creazione geme nelle doglie del parto, ma il parto avverrà quando Cristo tornerà sulle nubi per trasformare il mondo vecchio in un mondo nuovo. Anche la Madonna muore (il dogma dell'Assunzione non specifica se "muore" in senso stretto o no) – oltre allo stesso Cristo – ma si tratta di una transizione. Il "transito" della Vergine, secondo la dizione tradizionale nella Chiesa cattolica. Il corpo viene trasformato: non "ricreato" ma trasformato; proprio lo stesso corpo posseduto in vita, e condotto dove il mondo nuovo è già realtà. L'anima non dovrà attendere la fine dei tempi per ricongiungersi al corpo, come invece avviene a noi, che soffriamo del guasto del Peccato originale. E poi, se proprio vogliamo arzigogolare, Adamo ed Eva neanche fecero in tempo a sperimentare la morte fisica, se si ribellarono a Dio subito o quasi subito. Quest'ultimo, però, è solo un giochino di parole, e serve a spezzare la seriosità del discorso.

Oltre a questo non so andare davvero: vi ho raccontato il mio pensiero, e fatene quel che meglio vi aggrada; non ho pretese di diventare un Dottore della Chiesa. Già mi basterebbe non essere un eretico...

Traggo qualche conclusione *razionale* (ma quanto?) da ciò che ho affermato sopra. Dov'è il Paradiso terrestre? Dovunque, sulla terra, alberghi l'uomo che non ha commesso il Peccato originale. Il suo sistema nervoso gestisce *input* che possono causargli sensazioni anche sgradevoli, ma il suo spirito esulta perché ogni evento, piacevole o no, è un passo in più per il compimento del Disegno divino. Il corpo fisico cessa di esistere su questo mondo ancora imperfetto, ma si trasferisce immediatamente in quello definitivo, dove può *toccare* Dio. Lo stesso corpo fisico, ricordate: non un *corpo etereo* che viene creato ad hoc. In queste condizioni, non sembra anche a voi che i concetti di "sofferenza" e "morte" finiscano per essere privati del loro pungiglione (I Cor 15, 55), e perdano gran parte dei connotati sgradevoli che noi, portatori del retaggio di Adamo, associamo loro? Tutti i Salmi finiscono in Gloria, ma non è solo un proverbio: nel Salmi si trova ben espresso il

concetto che sto cercando di sviluppare, come pure in Dan 3, 52 che vi esorto a leggere. E nel Cantico delle creature di San Francesco, ovviamente.

Per l'ennesima volta: non sono un teologo. Sono un seguace di Galileo e lo confermo, però vorrei però evitare l'errore da lui commesso quando s'improvvisò esegeta biblico (e questo varrà ancora di più nella sezione successiva), ma a me pare che in quest'ordine d'idee non esista, non *possa* esistere, alcun tipo di contraddizione tra le affermazioni dell'evoluzionismo darwinista e il messaggio spirituale delle Scritture. Mettere in contrasto le due cose non ha senso: i paleontologi non possono affermare che la creazione dell'Uomo sul piano spirituale, un atto diretto e deliberato di Dio, avvenuto in un certo luogo e in un certo tempo precisi scegliendo chi, tra gli ominidi del tempo, era ormai in grado d'intendere il soprannaturale, sia stata *falsificata* dalla scienza, solo perché non è mai stato trovato il minimo frammento di *anima fossile* o amenità del genere. E il credente dovrebbe smetterla di affermare ciecamente che, contro ogni evidenza in contrario, Dio non si sia voluto servire dell'evoluzione come mezzo per generare l'involucro fisico dell'uomo, ma lo abbia creato all'improvviso secondo le proprie misure, come se Dio portasse la taglia 62 (è *grande e grosso*), ma avesse bisogno di stringere un po' la cinta (non è un pancione, e scalate le misure per le donne, aggiungendo una taglia in più al reggiseno). Basta con il dio – prezzemolo che bisogna aggiungere ogni volta secondo le proporzioni necessarie, affinché le Scritture non si perdano in un oceano d'irrazionalità incomprensibili (e che, siamo forse diventati Calvinisti?).

Ho deliberatamente lasciato per ultimo un argomento che, ai nostri tempi, va per la maggiore, specie nei libri di pseudo – teologia fai-da-te. Quello del *caso* che presiede sovrano alla gestione dell'Universo intero. Esistono meccanismi fisici sempre all'opera, come la Meccanica quantistica e il Caos deterministico, sui quali non è necessario che sappiate nulla, se non che introducono un elemento ineliminabile di *impredicibilità* a ciò che avviene nel grande e nel piccolo. Ricordate quando parlammo di gatti, furetti e artigli? Lì avevo già introdotto *in nuce* un esempio di casualità nell'evoluzione biologica. Applichiamo il ragionamento anche all'evoluzione umana, e consideriamo un caso che, messo in questi termini, ci appare davvero estremo. Torniamo ai tempi dell'*EM*, quando il gruppetto che rappresentava il Sapiens in Africa attraversò un vero e proprio collo di bottiglia, riducendosi a poche migliaia di unità. Per un ghiribizzo dell'evoluzione del clima, e per tutto quello che vi piace aggiungervi, quel collo di bottiglia si sarebbe potuto *chiudere* con l'estinzione totale del Sapiens. Magari, invece, in Europa il Neandertal avrebbe incontrato condizioni climatiche più favorevoli, senza estinguersi ma propagandosi per tutto il mondo fino ai giorni nostri. Disastro per il Disegno divino? E perché?

Secondo voi, sarebbe stata una tragedia se, attorno al 7 a.C. (la data sembra un ossimoro, ma è banalmente dovuta a un conto sbagliato eseguito alla fine del V secolo dal monaco Dionigi il Piccolo), in una mangiatoia di Betlemme fosse stato deposto un bambino Neandertal, nato da una Vergine Neandertal, per redimere l'umanità e tutto il Creato dal Peccato originale? Io non ci troverei nulla di sconvolgente. Ma nell'ultima sezione del libro, pur non richiamando direttamente quest'argomento, diverrà più chiaro cosa penso di salti mortali logici del genere, basati sui "se" e sui "ma".

Voglio concludere questa sezione inserendomi nella scia del paragrafo precedente. A causa dell'*indeterminazione* inerente in tutta la storia del Cosmo, alcuni teologi ritengono di poter affermare che anche Dio, in qualche modo, è *in evoluzione*, poiché Lui stesso non sa, a priori, cosa succederà davvero tra le infinite possibilità. Secondo me, perfino il dio – prezzemolo acquista una nobiltà inaudita in confronto a uno stufato irlandese come questo (non so se il prezzemolo ci vada; guarderò su Internet). Dio è una Persona seria, signori miei, e non perde il proprio tempo a mettere una pezza qua, una là, secondo come gli sguscia tutto di mano. Del resto, se volete conoscere qualcosa sull'immagine che io ho di Dio, non avete che da leggere la prossima, e ultima, sezione: lì si troverà la risposta definitiva pure nei confronti di coloro che invocano il caso a ogni piè sospinto, per dimostrare che, siccome Dio non poteva conoscere in anticipo se ci sarebbe stato davvero l'Uomo oppure no, lo stesso concetto di Dio va rimesso in discussione, e tutto sommato è privo di senso.

Respirate profondamente, prima di attaccare il seguito. Un respiro cosmico, anzi: molto di più!



## 15) – Io Sono

Finalmente abbandono il terreno in cui mi sento poco versato, per entrare nel mio campo di lavoro: l'Universo nel suo insieme, le strutture enormi che vi dimorano, dalle stelle alle galassie e oltre, e la stessa filosofia della scienza. Qui mi muovo con maggiore sicurezza, pur se i concetti in ballo sono intrinsecamente più complessi e meno intuitivi di quelli trattati finora, almeno quando si vogliano tradurre per un lettore non specializzato. D'altronde, mi sono dedicato alla divulgazione scientifica per tanti anni, e ci provo lo stesso. Ovviamente, in questa discussione, il problema da affrontare è quello dell'*origine* di tutto ciò che esiste, poiché le Scritture iniziano con: "In principio, Dio creò il cielo e la terra", ed è anche un dogma che tutto il Creato provenga da Dio. Quando e come fu questo *principio*? Il mio scopo è presto detto: vorrei mostrare al credente come il problema dell'*origine* sia, per lo meno, mal posto, e potrebbe non esistere del tutto. In fin dei conti, anche per l'*origine* dell'umanità abbiamo visto come non ci siano problemi reali pure quando si affronti il discorso in termini scientifici, di banale evoluzionismo darwiniano. Secondo me, rimuginare in termini di *origine* rischia di ingenerare proprio quel che ho affermato poc'anzi: una serie di *problemi mal posti* i quali, ridotti ai loro termini reali, risultano essere *non problemi*. È ciò che spero di riuscire a esprimere in concetti semplici.

Ormai da un paio di decenni, se non di più, esiste un consenso generale di **tutti** gli astrofisici e cosmologi, sul fatto (un **fatto** indiscutibile; non un'ipotesi) che la regione di Universo che le leggi di natura ci consentono di osservare, e con ogni probabilità molto, ma davvero molto attorno a essa, sia stata concentrata, 13,77 miliardi di anni fa, in un volumetto di spazio più piccolo di un atomo. Le dimensioni reali di questo volumetto, per il momento, sfuggono all'investigazione scientifica, e con ogni probabilità, per giungere a numeri che abbiano senso fisico, ci vorrà molto tempo, e una serie di scienziati di genio. Il loro compito sarà di mettere assieme le due gambe sulle quali poggia la fisica contemporanea, e far sì che esse comincino a camminare di concerto, tenendo in equilibrio il resto dell'edificio scientifico che sarà poi possibile costruirci sopra. Infatti, queste due gambe, al momento, si rifiutano di comunicare tra loro e, per chi fosse proprio interessato, dirò che si tratta della Relatività generale e della Meccanica quantistica. Purtroppo devo cominciare con quest'informazione di attuale impotenza della fisica, nell'indagare il problema dell'*origine* in senso stretto, ma non disperate, perché il discorso che a noi interessa si può fare lo stesso.

Per comodità, definiamo Big Bang il *momento* in cui tutto ciò che era contenuto in quel volumetto microscopico iniziò a espandersi, generando l'Universo che conosciamo. Definizioni di Big Bang ne esistono tante, e io stesso, a volte, per ragioni contingenti, nella divulgazione scientifica ne adotto una radicalmente diversa. Di conseguenza, per favore, ricordate *questa* definizione: l'orologio cosmico ha cominciato a ticchettare contemporaneamente all'inizio dell'espansione, di modo che il Big Bang in sé corrisponda al *tempo zero* in senso stretto, d'accordo?

Ebbene: sappiate che la prima idea ancora un po' grossolana del Big Bang venne in mente a un gesuita, l'abate Georges Lemaitre (1894 – 1966), docente di matematica e fisica all'università di Lovanio. Poiché il quadro generale di questo singolarissimo fenomeno cosmico presentava qualche suggestiva attinenza con la descrizione biblica della Creazione, al papa Pio XII piacque identificare le due cose, pur come semplice opinione personale priva di qualsiasi valenza per il magistero della Chiesa. Al passare del tempo la fisica progredì, e progredisce tuttora, nella comprensione delle primissime fasi di esistenza dell'Universo talché, se vi dicessi da quale minuscola frazione di secondo in poi le nostre conoscenze sui fenomeni avvenuti nel corso dell'espansione sono da considerarsi ormai *esatte* o quasi, vi mettereste a ridere e direste: «A che serve studiare ancora? Un tempo così piccolo è *praticamente* il Big Bang!». E avreste torto perché, per scontrarci con i problemi connessi all'*origine* (le due gambe che non camminano assieme, per intenderci) dovremmo risalire ancora all'indietro, fino a tempi che nemmeno mette conto di scrivere dato che, esprimendoli in secondi, ci vorrebbero una quarantina e passa di zeri dopo la virgola.

Siccome questa non è un'esposizione divulgativa del Big Bang, salto subito ai problemi fondamentali, dove scienza e religione si possono intersecare. Primo di tutti: quanto è grande l'Universo? Già ho accennato che leggi scientifiche ben precise ci negano la possibilità di osservare alcunché oltre una certa distanza (considerevole), e il Professor Galilei ci ricorda che, in assenza di prove sperimentali, non si può affermare nulla di sicuro (qui ha ragione). Malgrado ciò, la maggioranza dei cosmologi è *ragionevolmente convinta* che l'Universo sia spazialmente *infinito*. Perché? Il discorso è un po' involuto, ma il succo si riduce a questo: nessuna legge fisica nota pone un limite alle dimensioni dell'Universo e, almeno in questo campo, sembra che abbiamo ormai scoperto tutte le leggi fisiche rilevanti. So che non si tratta di una *prova assoluta* per chi non ci lavori sopra, ma lo è *abbastanza* per i fisici e i cosmologi. Di conseguenza, vi prego di prenderla per buona anche perché, tutto sommato, non è poi così determinante per il discorso che seguirà.

Spazio infinito, abbiamo perciò detto. E per quanto riguarda il tempo? Potreste meravigliarvi di quest'ultima domanda, giacché ho azzerato l'orologio cosmico proprio all'attimo del Big Bang, ma... un momento: l'ho *azzerato*; non ho mica affermato che *non esistesse un "prima"*! Questo è il punto sul quale la cosmologia attuale s'interroga e, sebbene gli strumenti attuali non consentano di raccogliere informazioni sperimentali dirette sull'Universo nelle prime frazioni di micro – micro – micro – secondo, già esistono ipotesi (attenzione: per il momento sono solo *ipotesi*, anche se molto ben strutturate sul piano matematico) riguardanti un possibile stato dell'Universo pre – Big Bang. Per mezzo di queste ipotesi, è possibile prevedere che, nell'Universo che noi vediamo, resti qualche *segnatura* (una specie di *ricordo sperimentale*) che mantenga memoria di questi eventuali stati precedenti al Big Bang. Ripeto: al momento non possediamo ancora la tecnologia necessaria a cercare queste *segnature* con qualche probabilità di successo, ma non è escluso che nei prossimi cinquanta o cent'anni il progresso scientifico ci metta in grado di verificare se davvero esiste qualcosa o no. Nel caso in cui una di queste *segnature* fosse individuata, di sicuro faremmo un enorme passo in avanti nello studio della cosmologia, potendo studiare *scientificamente* ciò che avvenne *prima* dell'origine del nostro Universo.

Queste, però, sono solo ipotesi che riguardano sviluppi futuri della scienza. Vediamo, piuttosto, cosa si può dire oggi sul problema dell'*origine* del *nostro* Universo. Non posso spiegarvi i dettagli; sarebbe un discorso complicato e involuto, ma la Relatività dimostra (non è un'*ipotesi*; anche qui ci troviamo di fronte a un *fatto*) che spazio e tempo sono solo due facce di una sola medaglia e – con le debite cautele indispensabili quando si fanno discorsi di questo tipo – sono *intercambiabili* tra di loro. Una conseguenza di questo *fatto* è che, così come lo spazio esiste già tutto fino all'infinito, *pure il tempo esiste già tutto, dall'infinito all'indietro, e fino all'infinito in avanti*. Lo *spaziotempo* – che è il modo scientificamente corretto di riferirsi a questa strettissima unità di spazio e tempo – è come una specie di *malloppo* di dimensioni infinite, sia nello spazio, sia nel tempo. Mi si obietterà che il tempo *fluisce dal passato al futuro* e, di conseguenza, non può essere un tutto già stabilito da sempre e per sempre. Vero, ma la nostra percezione del fluire del tempo è solo un aspetto *relativo* sotto cui si può manifestare questo tempo – malloppo (ci sarà pure un buon motivo se la teoria prende il nome di *Relatività*, non vi pare?).

Che abbiate mandato giù il *malloppo* del precedente paragrafo, o che vi sia rimasto sul gozzo, gli scienziati *sanno* che le cose vanno in questo modo e, di conseguenza, a fronte di uno spazio infinito, sono convinti che anche il tempo sia infinito. Ne segue che, qualunque sia l'ipotesi riguardante le fasi anteriori al Big

Bang, e pure ammettendo che tutte quelle finora avanzate siano sbagliate, mentre la sola *giusta* sia ancora di là da venire, l'idea prevalente è che l'Universo che noi vediamo sia solo uno, tra una molteplicità infinita di universi che sono esistiti prima, ed esisteranno dopo (ipotesi del *Multiverso*: forse è una parola che avete già sentito). Ragion per cui, il problema dell'*origine*, dal punto di vista scientifico, è respinto all'indietro fino all'infinito e, secondo alcuni modi di pensare, neutralizzato. Qualcosa che esiste da sempre, è *come se* contenesse in se stesso la causa della propria esistenza. Questo è un errore filosofico stupido, anche se chi lo accetta in modo più o meno implicito potrebbe non essere stupido per niente. Infatti, si giunge in quattro battute a dimostrare logicamente come l'errore filosofico di cui sopra conduca a una variante del cosiddetto "Paradosso di Russell", che non ha soluzione. E adesso vi dico come la penso io, *neutralizzando* a mio modo il problema dell'origine, ma evitando per questo di spodestare Dio. Anzi!

Il Principe Tutmoses (~1300, ~ 1200 a.C.), per gli amici semplicemente Moses, era vissuto alla corte d'Egitto, dove l'avevano abituato a venerare un numero enorme di divinità, ciascuna delle quali col proprio nome, la propria effigie, i propri rituali eccetera. Fuggito nel deserto dopo aver saputo di essere figlio di ebrei e avendo ucciso un sorvegliante, si trovò un giorno di fronte a un roveto che ardeva senza consumarsi. Il seguito lo sappiamo tutti: Dio gli ordinò di tornare in Egitto dai suoi fratelli per liberarli. Il povero Tutmoses non poteva che essere confuso: tra le infinite divinità da lui conosciute, chi era quella che gli parlava dal roveto? Ovviamente, per capirci qualcosa, chiese al Dio del roveto quale fosse il suo nome. E qui veniamo al punto. L'ordine a Tutmoses, assieme alla prima auto – presentazione di Dio nella storia del popolo eletto, fu: «Dirai agli Israeliti: **"IO SONO"** mi ha mandato a voi» (Es 3, 14).

Ecco: l'argomento che m'interessa, che ho sempre trovato qualificante e convincente, è proprio quell'**"IO SONO"**. Cos'è Dio? Il Catechismo e la Teologia ce ne hanno dati sempre attribuiti *in negativo* nel senso che ci dicono cosa Dio *non è*. Sostanzialmente, e restringendo molto il discorso, Dio *non è* finito. Ma, se ci pensate, **"IO SONO"** è una qualifica *positiva*: Dio è *la sostanza dell'esistere*, e scusate se vi pare poco!

In quest'ottica, avrete già capito che il problema di *quando* e *come* ci sia stata una *Creazione* con la maiuscola, intesa come *origine* di ogni cosa, svanisce. La Creazione è *da sempre e per sempre*, in ogni istante perché, se Dio non tenesse in piedi l'esistenza di tutto quel che c'è, ci fu e ci sarà, nulla esisterebbe più, stante il fatto che il fondamento dell'esistenza è proprio Lui. Cosa ci preoccupiamo di una data precisa, o d'identificare il Big Bang con la Creazione, dando così spazio a tutti i

sottoprodotti di una cultura povera che s'ingegna a dire: "Dio dette all'inizio le condizioni affinché tutto potesse evolvere come poi è successo" o, peggio ancora, "Dio interviene in continuazione a correggere l'andamento delle cose, perché Lui stesso non sa come evolveranno"? La data della Creazione è l'istante preciso in cui io scrivo, quello in cui leggete, mille miliardi di anni fa, e così via.

Spero di essere riuscito a trasferirvi il senso di splendore che io percepisco nel sentire quelle parole: "**IO SONO**"! Non c'è possibilità di *essere* senza una continua, attiva creazione da parte di Dio, e perché Dio si prende questa pena? Perché Dio ama l'Universo che Egli porta all'esistenza in continuazione, con ogni creatura, da Maria vergine come punto più alto, all'ultimo elettrone in orbita attorno all'ultimo atomo disperso in una nube di gas freddo e invisibile, oltre i confini estremi dell'Universo che noi conosciamo. Se accettiamo questo modo di vedere, la risposta alla domanda che, posta in questi termini, possiamo far risalire al matematico Leibniz (1646 – 1716), e cioè: «Perché tutto ciò che esistere si dà la pena di esistere?», è di una banalità sconcertante. «Perché Dio ama ciò che esiste, e di conseguenza non può non supportarlo nell'esistenza, istante per istante».

Va da sé che un Dio la cui qualifica fondamentale sia "**IO SONO**", e che agisca di conseguenza, è ben altra cosa dal "diuccio del prezzemolo", e perfino del Dio che interviene con azioni puntuali, delle sezioni precedenti. Non ci sono, nella Creazione, errori da correggere; se è stato l'Homo Sapiens a emergere, e non quello di Neandertal, non è per un capriccio della natura, giacché la natura non fa capricci. Può forse sembrare a noi, che non ne distinguiamo la trama, ma quelli che a noi sembrano capricci rientrano nell'operato imperscrutabile di "**IO SONO**", e perfino l'incertezza inerente nelle leggi di natura è opera Sua. Come persona assai limitata, al pari di ogni altro essere umano, vorrei quasi dire che Dio "gestisce" queste incertezze, ma in questo modo sentirei già di ritirare in ballo il dio – prezzemolo. No, "**IO SONO**" sa come fare, e Lo ringrazio per questo.

Finisce qui il libretto? Più o meno. Ho narrato di LUCA e di Darwin, di Adamo, di Eva e di "**IO SONO**", ma vi prego di rammentare che nulla di tutto ciò sarebbe stato mai nelle mie intenzioni e possibilità, senza quel famoso incontro col falegname ebreo. E, se non cercherete pure voi d'incontrarlo (sta al vostro fianco giorno e notte), anche tutto ciò che ho scritto resterà lettera morta, finendo tra i concetti filosofici sulle perfezioni di Dio, che sono eleganti, ma non hanno mai convertito nessuno. Guardatevi intorno, dunque.