

IL PROBLEMA DELL'ORIGINE DELLA VITA - Il caso non spiega la realtà

Giulio Dante Guerra

Primo Ricercatore del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) presso la Sezione Pisana dell'Istituto per i Materiali Compositi e Biomedici del CNR

Spiegare l'esistenza di tutta la varietà, complessità e bellezza degli esseri viventi nei termini di una pura e semplice concatenazione di cause meccaniche e di fattori materiali: questa è una delle pretese di quello scientismo materialistico che — dopo l'implosione, negli ultimi anni del secolo scorso, del suo fratello-nemico, il materialismo dialettico — è rimasto lo strumento più usato dall'*establishment* culturale per dare un'apparenza di “scientificità” ad una visione materialistica del mondo. E si deve notare che anche la visione in apparenza “alternativa”, quella del vitalismo panteistico proprio dei “verdi” e degli ecologisti in genere — il cui esempio più famoso è l'“ipotesi di Gaia” dello scienziato britannico James Ephraim Lovelock[1] —, si basa anch'essa sulla medesima pretesa. Uno dei “nodi” fondamentali della storia della vita sulla terra è, ovviamente, quello della sua comparsa. Si tratta di un “nodo” così complesso che lo stesso Charles Robert Darwin (1809-1882) preferì lasciarlo insoluto, aggirando più o meno elegantemente il problema; eppure, “sciogliere il nodo” dell'origine della vita era indispensabile per tutta la costruzione filosofica darwiniana: se i primi viventi non si sono “evoluiti” dalla materia per cause puramente meccaniche, a che scopo attribuire ai ciechi meccanismi delle “piccole variazioni casuali” e della “selezione naturale” la successiva comparsa di tutte le specie animali e vegetali?

La “generazione spontanea” e la moderna “abiogenesi”

La teoria secondo cui la vita sarebbe sorta casualmente dalla materia inorganica non è, in fondo, che la versione moderna d'una credenza vecchia, probabilmente, quanto l'osservazione superficiale della natura, la “generazione spontanea”: quella, per intenderci, che un tempo faceva ritenere che le anguille nascessero dalla melma dei fiumi, le zanzare dai miasmi delle paludi, le mosche dalla carne putrefatta, e altre favolette simili. Tuttavia, dobbiamo riconoscere che quegli antichi erano più logici dei loro epigoni moderni: infatti, per giustificare una così palese violazione del principio di causa ed effetto, invocavano l'intervento di misteriose “influenze astrali”, capaci addirittura, secondo loro, di vivificare la materia inerte. L'infondatezza di simili credenze fu dimostrata sperimentalmente da **Francesco Redi** (1626-1698) nel 1668 per gli insetti, dall'abate **Lazzaro Spallanzani** (1729-1799) nel 1748 per i protozoi e da **Louis Pasteur** (1822-1895) nel 1861 per i batteri. Tutti e tre gli scienziati dovettero faticare molto per fare accettare le loro scoperte; ma, mentre Redi dovette lottare solo contro i pregiudizi di sedicenti “conservatori”, Spallanzani e più ancora Pasteur si trovarono di fronte l'opposizione dei “progressisti”, che della generazione spontanea facevano il supporto “scientifico” d'una filosofia materialistica: *“La genesi spontanea non è più un'ipotesi, ma una necessità filosofica. Soltanto essa è razionale, soltanto essa ci sbarazza per sempre delle puerili cosmogonie e fa rientrare nelle quinte quel deus ex machina esteriore e del tutto artificiale che secoli di ignoranza hanno a lungo adorato”*[2]. Al contempo, in un contesto più “sotterraneo”, tale “necessità” sussisteva anche per un certo pseudo-spiritualismo di matrice gnostica: lo scienziato positivista, almeno allora, era spesso — si veda, per tutti, il caso dello psichiatra Cesare Lombroso (1835-1909) — anche un frequentatore di sedute spiritiche...

È chiaro che, partendo da un simile preconcetto, non si poteva fare a meno di cercare il modo di riaffermare quello che l'esperienza scientifica aveva negato. E il modo è stato trovato, e contrabbandato per “prova scientifica”, ricorrendo a due accorgimenti: primo, il classico “parlar difficile”, sostituendo il vecchio e screditato termine “generazione spontanea” con espressioni altisonanti, utilissime *pour épater le bourgeois*, quali “abiogenesi”, “fase prebiotica dell'evoluzione”, “evoluzione chimica”, e simili; secondo, la retrodatazione della presunta “abiogenesi” a lontanissime ere geologiche, in condizioni ambientali non verificate né verificabili, ma “ricostruibili in laboratorio”, in cui — si afferma — sarebbe potuto avvenire quello che oggi è

impossibile.

Più o meno tutte le “teorie abiogenetiche” correnti ripropongono, con maggiori o minori modifiche, quella elaborata, nel quarto decennio del secolo scorso, dal biologo sovietico Aleksandr Ivànovic Oparin (1894-1980)[3]. Questa teoria, o meglio ipotesi, postula l’esistenza — necessaria per l’“abiogenesi” — di un’atmosfera primitiva a carattere fortemente riducente, composta di metano, idrogeno, ammoniaca, azoto e vapore acqueo. In tale atmosfera le radiazioni ultraviolette solari e le scariche elettriche dei fulmini avrebbero provocato la sintesi di composti organici, tra cui amminoacidi, purine e pirimidine. Tali composti, disperdendosi negli oceani, avrebbero formato il cosiddetto “brodo prebiotico”, nel quale, per reazioni chimiche successive, si sarebbero formate, sempre casualmente, le prime biomolecole — soprattutto proteine, ma anche acidi nucleici — e, infine, i primi organismi viventi.

Le ipotesi di Oparin non ebbero inizialmente molto séguito, anche perché allora le teorie sulla formazione del sistema solare non prevedevano, per la terra primitiva, un’atmosfera diversa da quella che abbiamo oggi. Quando però, verso la metà del secolo scorso, lo scienziato statunitense Harold Clayton Urey (1893-1981) escogitò un’ipotesi sulla formazione del sistema solare in accordo con la teoria di Oparin[4], si andarono subito a cercare le “conferme sperimentali” tanto agognate: e il chimico pure statunitense Stanley Lloyd Miller ritenne d’averle trovate allorché, facendo passare scariche elettriche attraverso miscele gassose di metano, ammoniaca, vapore acqueo e idrogeno, ottenne una miscela di composti organici da cui isolò, tra l’altro, alcuni amminoacidi[5].

I risultati di Miller, successivamente confermati ed estesi, sia pure con qualche lieve modifica per quanto riguarda la composizione dell’“atmosfera primordiale”, da esperimenti successivi[6], diedero un grande impulso all’“ipotesi abiogenetica”: gli amminoacidi sono i componenti fondamentali delle proteine di cui sono costituiti i tessuti biologici; altri composti organici identificati da Miller nella sua miscela di prodotti[7] si ritrovano, in gran parte, tra i prodotti del metabolismo degli organismi viventi. Altri amminoacidi[8] e supposti “precursori prebiotici” di costituenti della cellula non meno fondamentali, quali gli acidi nucleici[9], sono sintetizzabili in condizioni che, secondo gli autori, ricordano da vicino quelle dell’ipotetico “brodo prebiotico”.

Le difficoltà della “teoria abiogenetica”

Tutto bene, allora? Nessun dubbio? Sembrerebbe, a prima vista, proprio così, dato che le discussioni tra gli “addetti ai lavori” hanno come oggetto non già l’“abiogenesi” in sé, che si dà per scontata, ma, caso mai, il meccanismo con cui si sarebbe verificata. Così, alcuni preferiscono, alle scariche elettriche, l’irradiazione con luce ultravioletta di un’“atmosfera” di metano, azoto e vapore acqueo, allo scopo di produrre altri composti organici, presentati anch’essi come possibili “elementi prebiotici”[10]; ma non mettono in discussione il “fatto” dell’“abiogenesi”.

E, invece, proprio tale preteso “fatto” è da mettere in discussione: se, infatti, i lavori riportati nelle memorie scientifiche sopra citate hanno in sé e per sé, come metodi per la sintesi d’alcuni composti chimici, una loro indubbia validità scientifica, non ne hanno invece nessuna come “prove sperimentali dell’abiogenesi”. Un’affermazione così netta, a prima vista, potrebbe sembrare eccessiva. Tuttavia, essa è deducibile già da una lettura più attenta degli stessi scritti di alcuni abiogenisti, nei quali l’“importanza prebiotica” dei risultati riportati è spesso discussa in poche righe, a conclusione di un normalissimo articolo di chimica organica[11]; e, ancora, dalla “fuga nella fantascienza” di altri, che presentano, come “prova dell’abiogenesi”, la fotosintesi di composti organici in miscele gassose, riproducenti l’atmosfera di Giove[12]. Tuttavia, dato che i risultati di simili esperimenti vengono quotidianamente sbandierati come “prove”, non solo in scritti “divulgativi”, come *Il caso e la necessità*[13] — il celebre libro con cui, nel 1971, il biologo francese Jacques Monod (1910-1976) pretese di “divinizzare”, a suo modo, il caso —, ma anche in rispettabili testi universitari[14], sarà bene esaminarli un poco più approfonditamente.

In tutti gli esperimenti sopra riportati si otteneva, al termine della scarica o dell’irradiazione, una grande varietà di composti, da cui i supposti “elementi prebiotici” andavano estratti e purificati con procedure spesso assai elaborate. Le rese, poi, erano bassissime: nel celebre esperimento di Miller

esse andavano dal 10,3 al 7,3% dei prodotti organici totali per gli amminoacidi e dal 16,5 al 7,1% per gli acidi e ossiacidi organici[15]. Ma c'è dell'altro, perché nessuno degli esperimenti di “sintesi prebiotica” ha mai prodotto contemporaneamente tutti i venti amminoacidi presenti nelle proteine; al contrario, sono stati spesso ottenuti anche parecchi amminoacidi che *non* si ritrovano nelle proteine, talvolta in quantità maggiori di quelli proteici: “*la presenza di glicina, alanina, valina, isoleucina e leucina nelle proteine, ma l'assenza d'acido α-ammino-n-butirrico, norvalina, alloisoleucina e norleucina, non può essere spiegata sulla base delle rese ottenute da questo tipo di sintesi*”[16]. Inoltre, la proporzione tra i vari amminoacidi nelle proteine è quasi inversa che tra i prodotti di sintesi; così, Miller è stato costretto, per risolvere tutte queste difficoltà, a supporre un'ulteriore “condizione necessaria”, vale a dire una precipitazione frazionata d'amminoacidi per evaporazione in qualche laguna, con formazione di polipeptidi nella fase solida: e tutto questo a conclusione d'una serie d'esperimenti in cui la resa totale in amminoacidi, “utili” e no, era in media l'1,90%[17]. Analoghe critiche potrebbero essere mosse alle varie sintesi di “precursori prebiotici” degli acidi nucleici. C'è inoltre da considerare, come si è già visto, che gli esperimenti di Miller partivano da una particolare ipotesi sulla formazione del sistema solare: ebbene, nel corso degli anni, le teorie sulla formazione del sistema solare si sono succedute in gran numero, e, già circa meno di trent'anni più tardi, le teorie più accreditate prevedevano un'atmosfera primitiva non molto diversa dall'attuale, salvo forse per la mancanza d'ossigeno, formatosi solo dopo la comparsa d'organismi provvisti di clorofilla[18].

Un tentativo per ovviare a questo inconveniente, che rischia di mandare all'aria tutta la “teoria abiogenetica”, fu fatto nel 1981 dal gruppo del chimico statunitense Allen J. Bard. Dopo avere scoperto che, irradiando con luce ultravioletta una soluzione acquosa d'ammoniaca satura di metano in presenza di biossido di titanio platinato — ossia ricoperto di platino finemente suddiviso —, si ottiene una miscela d'amminoacidi[19], Bard ed i suoi collaboratori superavano l'obiezione relativa alla composizione dell'atmosfera primordiale osservando che il biossido di titanio catalizza la riduzione dell'azoto ad ammoniaca e dell'anidride carbonica a metano, formaldeide e metanolo, sia pure con rese basse [20]. Peccato che, per la formazione d'amminoacidi, sia indispensabile l'uso del biossido di titanio platinato, un *catalizzatore sintetico, inesistente in natura*. Infatti, sia il biossido di titanio non platinato, sia l'ossido ferrico, sia il minerale ilmenite — un ossido misto di titanio e ferro — non producono amminoacidi nelle condizioni in cui avviene la reazione[21]. In altre parole, ancora nessuna prova dell'ipotetica “abiogenesi”.

Risultati “migliori” furono ottenuti, alcuni anni dopo, da un gruppo di ricercatori giapponesi irradiando con un flusso di protoni una miscela di monossido di carbonio, anidride carbonica, azoto ed acqua: la reazione dava luogo ad una miscela di sette amminoacidi, con rese non eccessivamente basse[22]. Tuttavia, due di questi, l'acido α-amminobutirrico e la β-alanina, non si trovano nelle proteine, così che gli amminoacidi “utili” si riducevano ad un quarto di quelli presenti in natura; inoltre, l'intensità del flusso protonico, con cui era stato condotto l'esperimento, presupponeva, ai tempi della “terra primitiva”, un massimo d'attività solare di durata abbastanza lunga, in altre parole *condizioni molto specifiche*.

Dalle molecole organiche alle biomolecole: ulteriori difficoltà

Passando poi alla seconda fase dell'“evoluzione chimica” quella in cui le “molecole prebiotiche” avrebbero reagito fra loro per formare polisaccaridi, polipeptidi — e poi proteine — e polinucleotidi — e poi acidi nucleici —, che unendosi insieme avrebbero formato i primi organismi, le difficoltà salgono alle stelle. Qui il “caso” invocato dagli abiogenisti si rivela molto, molto *intelligente*. La prima difficoltà consiste nella *chiralità* della maggior parte delle sostanze d'origine biologica, dovuta alla dissimmetria sterica delle molecole[23]. Gran parte delle molecole organiche sono prive di piani di simmetria, così che possono esistere in due forme distinte, dette *enantiomeri*, che si distinguono per essere l'una l'*immagine speculare* dell'altra, così come la mano destra lo è della sinistra, donde, appunto, il nome di *molecole chirali*, dal greco *chéir*, mano. La Figura 1 mostra le formule dei due enantiomeri dell'amminoacido alanina; l'immagine di sinistra, che raffigura la struttura dell'alanina naturale, non è in nessun modo sovrapponibile a quella di destra.

La possibilità di distinguere l'enantiomero “a forma di mano destra” da quello “a forma di mano sinistra” è data dalla loro attività ottica: se la soluzione d'un qualunque enantiomero, attraversata da un raggio di luce polarizzata, ne ruota il piano di polarizzazione, per esempio, d'un certo angolo verso destra, una soluzione uguale dell'enantiomero opposto lo ruoterà, a parità di condizioni sperimentali, dello stesso angolo, ma verso sinistra. In linguaggio tecnico, il primo enantiomero è definito “destrogiro”, e il secondo “levogiro”. Questo non significa, però, che *tutti* gli enantiomeri “a forma di mano destra” ruotino il piano della luce polarizzata verso destra, e tutti quelli “a forma di mano sinistra” verso sinistra, come sembra dire Jacques Monod[24]: il verso della rotazione è completamente indipendente dalla configurazione della molecola[25]. Un simile “strafalcione da bocciatura” — ai miei tempi, avrebbe certamente precluso, almeno ad uno studente di chimica o chimica industriale, il superamento dell'esame di chimica organica — non stupisce nel biologo francese, visto il già notato “pressapochismo” e l'autentico *disprezzo dell'intelligenza del lettore*, di cui è pieno il suo libro. Fra le altre cose, un Premio Nobel come lui non avrebbe dovuto ignorare che la misura dell'angolo di rotazione, verso destra o verso sinistra, varia con la lunghezza d'onda della luce polarizzata[26], e che alcune molecole chirali presentano anche una brusca inversione, nota come “effetto Cotton”, del senso di rotazione della luce polarizzata, in corrispondenza d'una sua particolare lunghezza d'onda, per l'esattezza quella dove l'indagine spettroscopica mostra una banda d'assorbimento della luce stessa[27]. La miscela di quantità uguali dei due enantiomeri si chiama *racemo* e, ovviamente, non ruota il piano della luce polarizzata.

Una caratteristica comune a tutte le molecole chirali d'origine biologica è la seguente: sono sempre *enantiomeri puri*, ed hanno la stessa configurazione sterica; per esempio, nelle proteine, diciannove amminoacidi su venti — tutti meno la glicina, che non è chirale — sono “a forma di mano sinistra”, mentre gli zuccheri presenti negli acidi nucleici, oppure nei tessuti e nelle strutture biologiche, sono, generalmente, “a forma di mano destra”. Invece, tutti i presunti “precursori prebiotici” sintetizzati dagli abiogenisti sono miscele racemiche, dato che, per obbedienza al presupposto di partenza, le sintesi sono sempre compiute a partire da reagenti non chirali, senza impiegare catalizzatori otticamente attivi. Addirittura, negli ormai classici esperimenti di Miller, l'assenza d'enantiomeri puri tra i prodotti è stata addotta come prova che la causa della presenza d'amminoacidi non era una contaminazione da parte di microrganismi[28]. Ora, non si capisce in che modo, in queste miscele di quantità uguali dei due enantiomeri, quello “destro” e quello “sinistro” possano essersi separati da soli, senza l'intervento d'un chimico con l'intelligenza e la cultura scientifica, almeno, d'un Louis Pasteur, che nel 1848 separò per la prima volta — con un metodo per noi incredibilmente “artigianale” — i due enantiomeri dell'acido tartarico racemico. Tale difficoltà era tanto insuperabile, che nel 1984 il chimico statunitense James Peter Ferris — proprio quello che, una decina d'anni prima, era riuscito a farsi finanziare dalla NASA la fantascientifica ricerca sulla fotosintesi di composti organici nell'atmosfera di Giove — doveva ammettere che quello della chiralità in natura era un problema insoluto e verosimilmente insolubile, a meno di nuove scoperte assolutamente imprevedibili[29]. Dato che le ricerche compiute nel ventennio successivo non hanno dato risultati apprezzabili, il problema rimane ancora insoluto[30]. Tuttavia, Ferris rimaneva ancora “fedele a se stesso”, e proponeva un nuovo “modello extraterrestre” della nostra “atmosfera primitiva”: al posto di quella di Giove, la freddissima atmosfera del maggiore satellite di Saturno, Titano[31]. Il “modello” comprende una serie di reazioni chimiche “prebiotiche”, che, però, non davano niente più che brevi catene di poche unità monomeriche, pur essendo state condotte in condizioni quanto mai specifiche.

Ma la chiralità non è l'unico problema insoluto. Nelle proteine, non solo la configurazione sterica, ma anche la sequenza degli amminoacidi è tutt'altro che casuale, come pure la sequenza delle basi puriniche e pirimidiniche negli acidi nucleici: entrambe sono strettamente ordinate alle funzioni biologiche della macromolecola all'interno dell'organismo[32]. Possiamo tranquillamente parlare d'un *contenuto d'informazione* insito in tali sequenze. Polipeptidi statistici sono stati ottenuti, negli Stati Uniti, da Sidney W. Fox riscaldando a 170°C una miscela d'amminoacidi posti su un pezzo di roccia vulcanica[33], e in Europa dall'*équipe* romana di Cristofor Ioan Simionescu — insieme con polisaccaridi a struttura non ordinata, pseudo-lipidi ed impurezze varie — mediante esperimenti

simili a quelli di Miller, ma compiuti sotto vuoto ed alle temperature “siberiane” di -40°C e -60°C , anziché a pressione atmosferica ed a temperatura ambiente[34]. I prodotti ottenuti, posti in soluzioni acquose, si aggregano in microsfele, talvolta delimitate da una membrana polisaccaridica, chiamate dagli autori *modelli di “protocellule”*[35], ma che con le cellule autentiche non hanno proprio niente a che vedere: sono prive d’attività metaboliche e riproduttive, in altre parole *non vivono*. Più recentemente, il chimico pisano Pier Luigi Luisi, professore all’ETH di Zurigo, ha ottenuto dei polipeptidi di lunghezza medio-bassa dalla condensazione d’amminoacidi in presenza di liposomi, presentando qualche anno fa una relazione su quest’argomento al XIV Convegno Italiano di Scienza e Tecnologia delle Macromolecole[36]. Alla mia precisa domanda se i polipeptidi sintetizzati nei suoi laboratori presentassero o no un contenuto d’informazione analogo a quello presente nelle proteine biologiche, Luisi rispose “buttando il discorso in filosofia”, e, per di più, in *cattiva* filosofia: una sorta di rielaborazione del solipsismo insito in quella “filosofia di Copenaghen”[37], con cui, attorno al 1927, Niels Bohr (1885-1962) reinterpretava il “principio d’indeterminazione”, introdotto da Werner Heisenberg (1901-1976) nella meccanica quantistica — secondo il quale, l’osservazione d’una particella subatomica ne altera la velocità o la posizione — nel senso che l’osservazione “crea”, in un certo senso, la particella stessa. Una “filosofia di Copenaghen” applicata, per giunta, non alle particelle subatomiche, ma addirittura alle molecole, anzi alle macromolecole. Luisi, infatti, affermò che, nelle proteine naturali, l’informazione c’è soltanto perché ce la vogliamo vedere noi...

Un’ulteriore difficoltà è il codice genetico, che consiste nella corrispondenza fra gli amminoacidi delle proteine — la cui sequenza, come s’è già visto, non può essere casuale, dovendo rispondere a specifiche funzioni biologiche — e le terne delle basi puriniche e pirimidiniche nell’acido desossiribonucleico, o DNA: ad ogni terna corrisponde un amminoacido, e soltanto quello, mentre lo stesso amminoacido può essere codificato anche da più terne, cosa che rende perfettamente *indifferente* gran parte delle mutazioni del DNA, quale che sia l’opinione dei neo-darwinisti in materia. È un codice universale e apparentemente arbitrario, almeno da un punto di vista puramente chimico, a proposito del quale è interessante rileggere questo poco entusiastico commento di Jacques Monod: “*Ma il problema più grave consiste nell’origine del codice genetico e del suo meccanismo di traduzione. Più propriamente, invece che di “problema”, si dovrebbe parlare di enigma. Il codice non ha senso se non è tradotto. Il meccanismo traduttore della cellula moderna comporta almeno cinquanta costituenti macromolecolari, anch’essi codificati nel DNA. Il codice genetico può dunque essere tradotto solo dai prodotti stessi della traduzione. È questa l’espressione moderna dell’omne vivum ex ovo. Ma quando e come questo anello si è chiuso su se stesso? È molto difficile anche solo immaginarlo*”[38]. Qui Monod, che nel suo campo specifico è rigoroso, ammette di trovarsi in una specie di “vicolo cieco”, salvo poi pretendere, poco dopo, di spiegare tutto con il solito binomio caso-necessità[39]. In definitiva, la pretesa degli abiogenisti, che le varie sostanze che compongono la cellula, formatesi spontaneamente nelle secche del “brodo prebiotico”, secondo Fox, o nelle tempeste ad alta quota delle regioni polari, secondo Simionescu, si siano aggregate casualmente, “inventando” il codice genetico, “*non appartiene neanche alla fantascienza, ma al delirio intellettuale*”[40].

Com’è noto, una critica non banale all’evoluzionismo neo-darwiniano è che non si può chiamarlo una “teoria scientifica” nel senso rigorosamente galileiano del termine, perché non è né verificabile né falsificabile mediante esperimenti mirati[41]. Ebbene, nella fase, per la quale simili esperimenti sono stati possibili — quella, importantissima, dell’origine della vita, almeno nella sua versione opariniana — si può affermare che siano sostanzialmente falliti.

Studi più recenti in materia sembrano segnare una svolta, in qualche modo coerente col sempre più diffuso prevalere della “ricerca tecnologica” sulla ricerca scientifica “di base”. Anziché cercare di ricostruire ipotetiche condizioni della “terra primitiva”, si cerca di fabbricare in laboratorio la c.d. “vita artificiale”. Vale a dire, sistemi contenenti macromolecole in grado sia di replicarsi, sia di catalizzare reazioni organiche con produzione d’energia.[42] Il fatto che questo obiettivo, ammesso che possa essere raggiunto, richieda sintesi molto “mirate”, contraddicendo così il presupposto filosofico della “totale casualità”, sembra perdere importanza di fronte all’orgoglio “faustiano” del

“creare la vita”.

Le teorie “non opariniane”

A questo punto, è interessante prendere in considerazione altre teorie sull’origine della vita, che potremmo definire “non opariniane”. Una è quella proposta, nel 1981, dal genetista molecolare italiano Marcello Barbieri, la “teoria ribotipica”, che fa originare la cellula dalle ribonucleoproteine attraverso un meccanismo a catena di “quasi-replicazione”, seguito, a livello già “protocellulare”, da fenomeni di simbiosi[43]. Il merito principale di questa teoria è quello di escludere, in qualche modo, “Sua Maestà il Caso” dalla formazione del codice genetico. Essa, tuttavia, dà per scontata una qualche forma d’“evoluzione chimica”, ossia la formazione spontanea d’acido ribonucleico — RNA, diverso dal DNA, più precisamente RNA ribosomiale — e di proteine, sia pure con pesi molecolari piuttosto bassi[44]. Ma, come si è visto più sopra, tale “evoluzione chimica” è tutt’altro che scontata.

Negli anni successivi Barbieri ha continuato a sviluppare la sua teoria, fino a farne una parte d’una teoria più generale, la “teoria semantica dell’evoluzione”[45]. Il libro di Barbieri, uscito contemporaneamente anche in lingua inglese negli Stati Uniti d’America[46], suscitò numerosi commenti e critiche nel nostro paese[47]. È interessante notare come la meno banale delle critiche, quella del noto etologo Giorgio Celli, si concluda con l’osservazione: “*Queste convenzioni, queste necessità biologiche, questi cicli da completare, questa armonia tra gli organismi, evocano irresistibilmente il ‘fantasma di un Progetto’*”[48]. Ulteriori sviluppi hanno portato poi Barbieri a proporre un nuovo paradigma per l’intera scienza biologica, quello della “biologia semantica”[49]. Un esame completo di quest’ultima esula dagli scopi di questo studio, dedicato principalmente agli aspetti *chimici* del problema dell’origine della vita. Mi sembra, però, interessante l’individuazione, da parte di Barbieri, d’una terza realtà presente nei sistemi biologici, oltre alle due comunemente accettate, la chimica, propria delle proteine, e l’informazione, propria delle sequenze del DNA: *il significato*, proprio del codice genetico. Soltanto questo significato permette di trasferire alle proteine l’informazione contenuta nel DNA, e la stessa cosa si può dire dei numerosi altri “codici organici”, che si stanno individuando nel mondo biologico[50]. Tuttavia, per quanto riguarda la fase iniziale, lo stesso Barbieri deve ammettere che c’è ben poco di certo, anche se dà ai chimici abiogenisti maggior credito di quanto, da quel che s’è visto sopra, si meritino[51].

Una seconda teoria, dovuta al chimico-fisico neozelandese Geoffrey A. M. King, è, da un punto di vista chimico, più “completa” della prima, anche se, a differenza di quella, non va oltre la fase dell’“evoluzione chimica”. In pratica, la teoria di King termina dove inizia la parte più significativa di quella di Barbieri, al punto che si potrebbe addirittura “fonderle insieme”. King parte direttamente dalle leggi della cinetica delle reazioni chimiche autocatalitiche; successivamente, introduce una forma di “simbiosi” — intesa, ovviamente, in senso molto lato, in pratica una semplice “fusione” di molecole diverse — già a livello prima molecolare, e poi macromolecolare. La sua teoria, sotto forma di “modelli” elaborati mediante il calcolatore, era già stata messa a punto nella seconda metà degli anni 1970[52]; successivamente gli stessi modelli sono stati applicati a vari sistemi “prebiotici”[53] o biologici[54]. Lo schema generale di King si sviluppa attraverso una serie di reazioni, le quali, per essere autocatalitiche, richiedono condizioni molto specifiche, ben diverse dall’onnicomprendente “brodo prebiotico” delle teorie rifacentisi in qualche modo ad Oparin[55].

Un aspetto comune a queste due teorie — che sono anch’esse, a modo loro, “abiogeniche”, e lontanissime da qualunque forma di “creazionismo” — è un fatto abbastanza importante: riducono al minimo, se non proprio a zero, il ruolo del “caso” nei processi che avrebbero dato origine ai più antichi sistemi biologici, ed esaltano, invece, quello della “necessità”. Quasi un ritorno, potremmo dire, al *vero* Democrito, in contrapposizione a quello “rimaneggiato” da Jacques Monod per farlo apparire un “antesignano” della sua visione del mondo. Addirittura, possiamo definire la “biologia semantica” di Barbieri “completamente democritea”, se, nell’affermazione del filosofo d’Abdera “*tutte le cose accadono per ragione e di necessità*”, consideriamo il termine “ragione” sinonimo di “significato”, secondo un uso familiare toscano...

Proprio in questo, probabilmente, troviamo una delle cause del loro mancato, o per lo meno scarso, successo: l'idea d'una necessità "insita", in qualche modo, nella natura delle cose ha bisogno solo d'un passaggio ulteriore, di natura filosofica, per confluire in quella dell'"*intelligent design*", la "progettazione intelligente", di cui parla, proprio a proposito della vita, il matematico e filosofo statunitense William Dembski, una delle "bestie nere" dell'*establishment* neo-darwinista[56]. È sintomatico il fatto che il breve articolo, nel cui titolo Geoffrey A. M. King domandava se fosse mai esistito un "brodo prebiotico", pur essendo già stato scritto, e inviato alla rivista, nel 1984, sia stato pubblicato solo due anni dopo, quando l'autore era già morto[57].

Qualcosa d'analogo alla "quasi-replicazione" di Barbieri può essere forse visto nell'applicazione — da parte d'un gruppo di ricerca del Laboratorio d'Exobiologia dell'Università di Nimega, nei Paesi Bassi — delle tecniche della "polimerizzazione su matrice", o, in inglese, "*template polymerization*"[58], alla sintesi di possibili "precursori prebiotici" delle prime molecole di RNA[59]. Ovviamente, il problema più arduo insito in questa teoria è come possano essersi formate spontaneamente le prime "matrici" oligomeriche[60]. Anche l'uso del cloruro manganoso come catalizzatore di polimerizzazione ha dato risultati piuttosto modesti[61], al punto che gli autori devono ammettere: "*È prematuro proporre un meccanismo specifico o un monomero specifico come un precursore primitivo dei nucleotidi*"[62]. Senza contare che, dal punto di vista della struttura chimica, sono molecole organiche niente affatto "semplici" anche i monomeri usati dagli studiosi olandesi, che dicono apertamente: "*Noi non suggeriamo che strutture di questo tipo rappresentino necessariamente molecole che erano abbondanti sulla Terra prebiotica. Nessuna sintesi prebiotica plausibile è stata ancora dimostrata*"[63] per i composti della citosina impiegati da loro nella ricerca. Anche questo tentativo di superare le difficoltà delle vecchie teorie "d'origine opariniana" non sembra essere andato molto lontano.

All'incirca nello stesso periodo, il bioceramista statunitense Larry L. Hench proponeva, come "matrici" per la polimerizzazione selettiva dei più antichi "composti prebiotici", materiali inorganici bioattivi di tipo ceramico o vetroso[64]. Qui Hench, dopo aver criticato tutte le altre teorie sull'origine della vita, compresa quella "opariniana classica", propone la sua, che, a differenza della precedente, è una teoria "completa": la vita sarebbe stata originata da substrati inorganici bioattivi — i materiali noti come "bioceramici" e "biovetri" — tramite la sintesi, sulla loro superficie, delle prime macromolecole in grado di replicarsi o di catalizzare reazioni organiche. Questi due tipi di composti sarebbero stati, rispettivamente, gli "antenati" degli acidi nucleici e degli enzimi. Successive "fusioni" fra strutture di diversa origine — analoghe a quelle ipotizzate qualche anno prima da King, anche se Hench non usa mai il termine "simbiosi" — avrebbero dato luogo ai primi sistemi "precellulari".

Anche questa teoria presta il fianco a diverse critiche. Mi limito ad accennare a quella più ovvia e banale: anche Hench, pur essendo un chimico, sia pure inorganico, confonde, come aveva già fatto il biologo Monod, la configurazione sterica, a forma di mano destra o sinistra, delle molecole chirali con la loro attività ottica destrogira o levogira. In tal modo, si ritrova ad asserire che tutti gli amminoacidi delle proteine sono "levogiri" e tutti gli zuccheri degli acidi nucleici sono "destrogiri"[65]; in realtà, i primi sono, sì, tutti a forma di mano sinistra, ma destrogiri ben nove su diciannove (47,4%), e dei secondi il ribosio dell'acido ribonucleico è a forma di mano destra, ma levogiro. Se Hench avesse parlato solo di configurazione sterica — l'unica cosa veramente importante nella sua teoria — e non di rotazione della luce polarizzata, ci avrebbe fatto più bella figura, e con lui il *referee* d'una rivista generalmente considerata "d'alto livello", come il *Journal of Biomedical Materials Research*.

Passando alle critiche più sostanziali, la prima riguarda l'idea, non suffragata da prove sperimentali adeguate, che questi materiali inorganici possano funzionare da "matrici", o "*templates*", per delle polimerizzazioni, nel senso proprio del termine. Chi scrive ha studiato, in tempi abbastanza recenti, proprio le polimerizzazioni iniziate da ceramici bioattivi[66] o ritenuti biologicamente inerti[67], e da biovetri[68], con formazione d'uno strato di polimero biorisorbibile fortemente legato al substrato inorganico, il cosiddetto "strato compatibilizzante"[69]. Tutte le evidenze sperimentali fanno ritenere che, in queste polimerizzazioni, il substrato abbia un ruolo di semplice iniziatore, e

non già di “*template*”. Inoltre, Hench riteneva d’aver trovato una soluzione per il problema — dichiarato “insolubile” da Ferris cinque anni prima — dell’attività ottica delle molecole biologiche nel fatto che il quarzo, la varietà cristallina del biossido di silicio, o silice, esiste in due forme enantiomere fra di loro. Hench scoprì che, su una certa faccia d’un cristallo di quarzo a forma di mano sinistra, il polipeptide dell’alanina a forma di mano sinistra viene assorbito permanentemente, a differenza di quello dell’amminoacido enantiomero. Lo stesso fenomeno avviene pure sulla superficie d’un certo biovetro, con la stessa composizione chimica percentuale di un altro, che è stato trovato particolarmente attivo per la formazione dello “strato compatibilizzante”[70]. Di qui arrivò alla conclusione che il quarzo otticamente attivo — ed, eventualmente, anche un vetro naturale, avente “casualmente” la stessa composizione di quello fabbricato appositamente da lui per applicazioni odontoiatriche — potrebbe avere selezionato, in una miscela racemica d’amminoacidi, quelli con la conformazione giusta per la sintesi di polipeptidi “funzionanti”[71]. Mi sembra evidente il “salto logico” presente in una simile conclusione: il fatto che il quarzo a forma di mano sinistra assorba solo un polimero a forma di mano sinistra *preformato*, non significa che possa anche indurre la polimerizzazione dei soli enantiomeri a forma di mano sinistra presenti in una miscela racemica. La dissimmetria sterica del quarzo, infatti, esiste solo nella struttura tridimensionale del cristallo, e non nella teorica “molecola” del biossido di silicio; e non è detto che una faccia d’un cristallo di dimensioni macroscopiche sia particolarmente attiva nell’iniziare la polimerizzazione. Di fatto, nell’unica polimerizzazione iniziata da vetri oggi nota, quella dell’ecaprolattone,

il vetro dev’essere sotto forma di polvere finemente suddivisa, con particelle dal diametro medio di circa 40 millesimi di millimetro. In questa forma è capace d’iniziare la polimerizzazione anche il vetro boro-silicato noto commercialmente come “Pyrex”, quello con cui si fabbrica tutta l’apparecchiatura di laboratorio; sulle cui pareti, però, l’e-caprolattone non ha mai formato “spontaneamente” nessun polimero[72]. Quanto poi all’interazione fra il quarzo e gli organismi viventi, i dati sperimentali la mostrano assai negativa, come riconosce lo stesso Hench: “*Il quarzo cristallino finemente polverizzato è tossico quand’è inalato, causando la silicosi. L’inalazione di silice finemente suddivisa d’origine biologica, come quella proveniente da gusci e filamenti di semi, può egualmente causare patologie nell’uomo. La polvere di quarzo iniettata nel peritoneo è anch’essa tossica. Quando la polvere di quarzo è somministrata in vitro ai macrofagi, induce la morte delle cellule nel giro d’alcune ore.*”[73]

È nota la risposta degli “abiogenisti” alle critiche di questo tipo: non si possono equiparare questi esperimenti di laboratorio con processi durati milioni di anni. Peccato che la dilatazione dei tempi produca, generalmente, un aumento dell’uniformità, mentre abbiamo visto che, per ottenere qualche risultato positivo sono necessarie condizioni molto specifiche.

L’ordine non può nascere dal caos

Tutte le obiezioni alle “teorie abiogenetiche” sono riconducibili ad un principio semplicissimo, ovvio per ogni mente sgombra da preconcetti: *l’ordine non può nascere spontaneamente dal caos*. È un principio filosofico parecchio importante, visto che, in pratica, sta alla base della *quinta via* di San Tommaso d’Aquino (ca. 1225-1274), quella che giunge a Dio Creatore a partire dall’ordine del creato[74]. Un organismo vivente è molto più che un semplice aggregato di molecole e di macromolecole organiche: è una *forma organizzatrice*, che *costruisce e ordina* queste molecole secondo un *progetto strutturale*; è un *sistema cibernetico* dotato di un *grado d’informazione* superiore a quello delle singole parti che lo compongono. Lascio a questo proposito la parola a Michael Polanyi (1891-1976), biochimico anglo-ungherese che — pur con carenze non trascurabili di carattere filosofico[75] — aveva un concetto chiaro di questo problema, rifiutando sia le “fantasie” del vitalismo, sia gli schemi del riduzionismo. In uno scritto del 1967 [76] — in polemica con l’ecologo statunitense Barry Commoner, un biologo “vitalista”, più noto allora per le sue prese di posizione anti-nucleari e pacifiste che per l’importanza delle sue scoperte scientifiche — Polanyi scriveva: “*Quando affermo che la vita trascende la fisica e la chimica, intendo dire che la biologia non può spiegare la vita, quale si presenta oggi, in termini di semplice azione di leggi fisiche e*

chimiche”[77].

In ogni caso, il “messaggio” contenuto nella struttura degli acidi nucleici costituisce uno “schema” ben preciso che non può essere riducibile ad una sequenza statistica di nucleotidi. “Ricordate la nostra conclusione precedente che un libro, o qualunque altro oggetto recante un modello che comunica informazione, è irriducibile nella sua essenza alla fisica e alla chimica. Ne segue che dobbiamo rifiutarci di considerare lo schema attraverso il quale il DNA diffonde informazione come parte delle sue proprietà chimiche. Il suo schema funzionale deve essere riconosciuto come una condizione limite posta all’interno della molecola del DNA.”[78].

“Infine, una parola sul modo in cui le condizioni limite che controllano i processi fisico-chimici in un organismo possano aver avuto origine a partire da materia inanimata. Il problema è se la categoria logica delle mutazioni casuali includa o no la formazione di nuovi principi, non definibili in termini di fisica e di chimica. Sembra molto improbabile che possa includerla”[79].

Queste parole sono state scritte nell’ormai lontano 1967, quando si conosceva solo l’informazione contenuta nelle sequenze del DNA, ed un solo “codice organico”, il codice genetico. Oggi si sta scoprendo la molteplicità dei “codici organici”; oggi appare sempre più chiaro il fatto che l’informazione contenuta nell’intero organismo è superiore a quella fornita dal solo DNA[80]; questo rende addirittura maggiore il valore di quelle affermazioni di Polanyi.

[1] Cfr. James Ephraim Lovelock, *Gaia. Nuove idee sull’ecologia*, tr. it. Bollati Boringhieri, Torino 1981.

[2] Pierre Larousse, *Grand Dictionnaire Universel du XIXe Siècle*, voce *Génération*, cit. in G. Sermoni e R. Fondi, *Dopo Darwin*, Rusconi, Milano 1980, pag. 23. Per le implicazioni morali e sociali d’una simile visione del mondo, cfr. anche Luciano Benassi, *Mistificazioni evolucionistiche e matematica*, in *Cristianità*, anno XI, n. 95, marzo 1983, pagg. 11-16.

[3] Cfr. Aleksàndr Ivànovic Oparin, *The Origin of Life*, tr. inglese, Mac Millan, Londra 1936.

[4] Cfr. Harold Clayton Urey, *The Planets*, Yale University Press, New Haven 1952; e Stanley L. Miller e H. C. Urey, *Organic Compound Synthesis on the Primitive Earth*, in *Science*, vol. 130, n. 3370, 31-7-1959, pagg. 245-251.

[5] Cfr. S. L. Miller, *Production of Some Organic Compounds under Possible Primitive Earth Conditions*, in *Journal of the American Chemical Society*, vol. 77, 5-5-1955, pagg. 2351-2361.

[6] Cfr. Idem, *The Atmosphere of the Primitive Earth and the Prebiotic Synthesis of Amino Acids*, in *Origins of Life*, vol. 5, 1974, pagg. 139-151.

[7] Cfr. Idem, *Production of Some Organic Compounds under Possible Primitive Earth Conditions*, cit., pag. 2358.

[8] Cfr. Nadav Friedmann e S. L. Miller, *Synthesis of Valine and Isoleucine in Primitive Earth Conditions*, in *Nature*, vol. 221, n. 5186, 22-3-1969, pagg. 1152-1153.

[9] Cfr. Gordon Schlesinger e S. L. Miller, *Equilibrium and Kinetics of Gliconitrile Formation in Aqueous Solution*, in *Journal of the American Chemical Society*, vol. 95, n. 11, 30-5-1973, pagg. 3729-3735.

[10] Cfr. J[ames]. P[eter]. Ferris e C. T. Chen, *Chemical Evolution. XXVI. Photochemistry of Methane, Nitrogen, and Water Mixtures as a Model for the Atmosphere in the Primitive Earth*, in *Journal of the American Chemical Society*, vol. 97, n. 11, 28-5-1975, pagg. 2962-2967.

[11] Cfr., per esempio, G. Schlesinger e S. L. Miller, *art. cit.*, pag. 3735.

[12] Cfr. J. P. Ferris e C. T. Chen, *Photosynthesis of organic compounds in the atmosphere of Jupiter*, in *Nature*, vol. 258, n. 5536, 18-12-1975, pagg. 587-588. Si tratta — lo riferisco a titolo di cronaca — di un lavoro finanziato addirittura dalla NASA, l’ente nazionale aeronautico e spaziale degli Stati Uniti d’America.

[13] Cfr. Jacques Monod, *Il caso e la necessità. Saggio sulla filosofia naturale della biologia contemporanea*, tr. it., 7^a ed., Mondadori, Milano 1974, pag. 137. Sul carattere né scientifico né filosofico, ma ideologico del saggio di Monod, nonché sul suo “pressapochismo” scientifico, cfr. anche il mio *De libello a Jacobo Monod de alea et necessitate conscripto thomistica censura*, in AA.VV., *Atti dell’VIII Congresso Tomistico Internazionale*, Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1982, vol. V, pagg. 359-364. Monod asserisce d’aver tratto il titolo del suo libro da un frammento di Democrito di Abdera (460-360 a. C.): “Tutto ciò che esiste nell’universo è frutto del caso e della necessità.” (*op. cit.*, pag. 9). Ma questa è una traduzione sbagliata del testo dell’antico filosofo greco, che dice l’esatto contrario: “Niente accade a caso, ma tutte le cose accadono per ragione e di necessità.” (in Giorgio de Santillana, *Le origini del pensiero scientifico. Da Anassimandro a Proclo, 600 a. C. – 500 d. C.*, tr. it., Sansoni, Firenze 1966, pag. 153; cfr. anche [Dom] Stanley L. Jaki [O.S.B.], *Lo scopo di tutto. Scienza, filosofia & teologia si interrogano sulla finalità*, tr. it., Ares, Milano 1994, pag. 214, dove il frammento è attribuito al maestro di Democrito, Leucippo).

[14] Cfr., per esempio, Robert Thornton Morrison e Robert Neilson Boyd, *Chimica Organica*, tr. it., 1^a ed., C.E.A., Milano 1965, cap. 2, § 2.4, pag. 34.

[15] Cfr. S. L. Miller, *Production of Organic Compounds under Possible Primitive Earth Conditions*, cit., pag. 2358.

Calcolando le rese sui reagenti, anziché sui prodotti, esse si riducono alla metà o ad un quinto, nei diversi esperimenti.

[16] Idem, *The Atmosphere of the Primitive Earth and the Prebiotic Synthesis of Amino Acids*, cit., pag. 145.

[17] Cfr. *ibid.*, pag. 144.

- [18] Cfr. R. Fondi, in G. Sermonti e R. Fondi, *op. cit.*, pagg. 164-167.
- [19] Cfr. Wendell W. Dunn, Yoshihiro Aikawa e Allen J. Bard, *Heterogeneous Photosynthetic Production of Amino Acids at Pt/TiO₂ Suspensions by Near Ultraviolet Light*, in *Journal of the American Chemical Society*, vol. 103, n. 23, 1981, pagg. 6893-6897. Al posto del metano si possono usare anche metanolo ed etanolo.
- [20] Cfr. *ibid.*, pag. 6897.
- [21] Cfr. *ibid.*, pag. 6895.
- [22] Cfr. Kensei Kobayashi, Tairo Oshima e Hiroshi Yanagawa, *Abiotic Synthesis of Amino Acids by Proton Irradiation of a Mixture of Carbon Monoxide, Nitrogen, and Water*, in *Chemistry Letters*, 1989, pagg. 1527-1530.
- [23] Per ovvie ragioni di comprensibilità, mi limiterò ad una spiegazione piuttosto elementare e semplificata, anche se non errata. Per una trattazione sistematica della "chiralità", un testo classico è: Giulio Natta e Mario Farina, *Stereochimica, molecole in 3D*, Mondadori, Milano 1968.
- [24] Cfr. J. Monod, *op. cit.*, pag. 58, nota.
- [25] Cfr. G. Natta e M. Farina, *op. cit.*, pag. 22, nota.
- [26] Cfr. *ibid.*, pag. 13.
- [27] Cfr., per esempio, Joseph M. Rifkind e Gunther L. Eichhorn, *Specificity for the Interaction of Nucleotides with Basic Polypeptides*, in *Biochemistry*, vol. 9, n. 8, 1970, pagg. 1753-1761.
- [28] Cfr. S. L. Miller, *Production of Organic Compounds under Possible Primitive Earth Conditions*, cit., pag. 2359; e Idem, *The Atmosphere of the Primitive Earth and the Prebiotic Synthesis of Amino Acids*, cit., pagg. 144-145.
- [29] Cfr. James P. Ferris, *Origin of asymmetry remains unclear in biomolecules*, in *Chemical and Engineering News*, 27-8-1984, pag. 24.
- [30] Cfr., per esempio, Stanley I. Goldberg, Jane M. Crosby, Norberto D. Iusem e Usama E. Younes, *Racemic Origins of the Stereochemically Homogeneous Biosphere. Biased Stereoselectivities in the Formation of Oligomeric Peptides*, in *Journal of the American Chemical Society*, vol. 109, 1987, pagg. 823-830. I risultati riportati in quest'articolo appaiono "positivi"... solo agli autori ed alla rivista.
- [31] Cfr. James P. Ferris, *The Chemistry of Life's Origin*, in *Chemical and Engineering News*, 27-8-1984, pagg. 22-35.
- [32] Per quanto riguarda le proteine, cfr. Randall A. Kok, John A. Taylor e Walter L. Bradley, *A statistical examination of self-ordering of amino acids in proteins*, in *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, vol. 18, 1988, pagg. 135-142.
- [33] Cfr. G. Sermonti e R. Fondi, *op. cit.*, pag. 175.
- [34] Cfr. Cristofor I. Simionescu, Ferencz Dénes e Ioan Negulescu, *Abiotic Synthesis and the Properties of Some Protobiocopolymers*, in *Journal of Polymer Science, Polymer Symposia*, n. 64, 1978, pagg. 281-304.
- [35] Cfr. *ibid.*, pagg. 296-299.
- [36] Cfr. Pier Luigi Luisi, Markus Blocher e Daojun Liu, *Research on the Origin of Life: The Macromolecular Challenge*, in AIM, Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia delle Macromolecole (a cura di), *Atti del XIV Convegno Italiano di Scienza e Tecnologia delle Macromolecole, Salerno, 13-16 settembre 1999*, Università di Salerno, Salerno 1999, vol. I, pagg. 21-22.
- [37] Per una critica della "filosofia di Copenaghen" da un punto di vista cattolico e tomistico, cfr. S. L. Jaki, *Dio e i cosmologi*, tr. it., Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1991, pagg. 112-167; e Idem, *Il Salvatore della scienza*, tr. it., Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano 1992, pagg. 117-124.
- [38] J. Monod, *op. cit.*, pag. 139.
- [39] Cfr. *ibid.*, pagg. 140-142.
- [40] R. Fondi, in G. Sermonti e R. Fondi, *op. cit.*, pag. 185. Sull'improbabilità matematica di simili eventi, cfr. L. Benassi, *art. cit.*
- [41] Cfr., per esempio, Antonino Zichichi, *Perché io credo in Colui che ha fatto il mondo*, Il Saggiatore, Milano 1999, pagg. 81-93.
- [42] Cfr., per esempio, David Deamer, *A giant step towards artificial life?*, in *Trends in Biotechnology*, vol. 23, n. 7, luglio 2005, pagg. 336-338.
- [43] Cfr. Marcello Barbieri, *La Teoria Ribotipica sull'Origine della Vita*, in *Rivista di Biologia*, vol. 75, n. 4, inverno 1982, pagg. 515-561.
- [44] Cfr. *ibid.*, pag. 522.
- [45] Cfr. M. Barbieri, *La teoria semantica dell'evoluzione*, Boringhieri, Torino 1985.
- [46] Cfr. Idem, *The semantic theory of evolution*, Harwood Academic Publisher, New York 1985.
- [47] Cfr. *Commenti*, in *Rivista di Biologia*, vol. 78, n. 2, estate 1985, pp. 298-309.
- [48] *Ibid.*, pag. 308.
- ⁴⁹ Cfr. M. Barbieri, *I codici organici. La nascita della biologia semantica*, Pequod, Ancona 2000.
- ⁵⁰ Cfr. *ibid.*, pagg. 215-221.
- [51] Cfr. *ibid.*, pagg. 121-129.
- [52] Cfr. Geoffrey A. M. King, *Symbiosis and the origin of life*, in *Origins of Life*, vol. 8, 1977, pagg. 39-53; e Idem, *Autocatalysis*, in *Chemical Society Reviews*, vol. 7, n. 2, 1978, pagg. 297-316.
- [53] Cfr. Idem, *Evolution of the coenzymes*, in *BioSystems*, vol. 13, 1980, pagg. 23-45.
- [54] Cfr. Idem, *Evolution of structure in RNA*, in *BioSystems*, vol. 16, 1984, pagg. 183-202.
- [55] Cfr. Idem, *Recycling, reproduction, and life's origins*, in *BioSystems*, vol. 15, 1982, pagg. 89-97.
- [56] Cfr. Maurizio Blondet, *L'uccello sauro ed altri animali (la catastrofe del darwinismo)*, Effedieffe, Milano 2002,

pag. 18.

[57] Cfr. G. A. M. King, *Was There a Prebiotic Soup?*, in *Journal of Theoretical Biology*, vol. 125, 1986, pagg. 493-498.

[58] Su questa tecnica di polimerizzazione cfr. Y. Y. Tan e G. Challa, *Template Polymerization*, in H. F. Mark, N. M. Bikales, C. G. Overberger e G. Menges (a cura di), *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, John Wiley & Sons, New York 1985-1989, vol. 16, pagg. 554-569. Sull'uso della stessa tecnica per la sintesi di polimeri chimicamente "complementari" a macromolecole d'origine biologica, cfr. anche Piero Cerrai, Giulio D. Guerra, Mario Tricoli, Simona Maltinti, Nicoletta Barbani e Luigi Petarca, *Polyelectrolyte complexes obtained by radical polymerization in the presence of chitosan*, in *Macromolecular Chemistry and Physics*, vol. 197, 1996, pagg. 3567-3579.

[59] Cfr. J. Visscher, C. G. Bakker, R. van der Woerd e Alan W. Schwartz, *Template-Directed Oligomerization Catalyzed by a Polynucleotide Analog*, in *Science*, vol. 244, 21-4-1989, pagg. 329-331.

[60] Cfr. J. Visscher e Alan W. Schwartz, *Oligomerization of Cytosine-Containing Nucleotide Analogs in Aqueous Solution*, in *Journal of Molecular Evolution*, vol. 30, 1990, pagg. 3-6.

[61] Cfr. Iidem, *Manganese-Catalyzed Oligomerizations of Nucleotide Analogs*, in *Journal of Molecular Evolution*, vol. 29, 1989, pagg. 284-287.

[62] *Ibid.*, pag. 286.

[63] Iidem, *Oligomerization of Cytosine-Containing Nucleotide Analogs in Aqueous Solution*, cit., pag. 5.

[64] Cfr. Larry L. Hench, *Bioceramics and the origin of life*, in *Journal of Biomedical Materials Research*, vol. 23, 1989, pagg. 685-703.

[65] Cfr. *ibid.*, pag. 694.

[66] Cfr. Piero Cerrai, Giulio D. Guerra, Mario Tricoli, Adriano Krajewski, Stefano Guicciardi, Antonio Ravaglioli, Simona Maltinti e Giorgio Masetti, *New composites of hydroxyapatite and bioresorbable macromolecular material*, in *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, vol. 10, n. 5, Maggio 1999, pagg. 283-289.

[67] Cfr. Piero Cerrai, Giulio D. Guerra, Maurizio Palla, Mario Tricoli, Adriano Krajewski, Antonio Ravaglioli, Stefano Guicciardi, Simona Maltinti, Mario D'Acunto e Piero Narducci, *Composites Between Alumina and an Ester-Ether-Ester Bioresorbable Copolymer*, in *Macromolecular Materials and Engineering*, vol. 286, n. 9, Settembre 2001, pagg. 546-554.

[68] Cfr. Giulio D. Guerra, Piero Cerrai, Mario D'Acunto, Adriano Krajewski, Simona Maltinti, Mauro Mazzocchi, Maurizio Palla, Antonio Ravaglioli e Mario Tricoli, *Polymerization of ϵ -Caprolactone Initiated through Powders of Biological and Nonbiological Glasses*, in *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 87, n. 10, 7-3-2003, pagg. 1579-1586.

[69] Cfr. Giulio D. Guerra, Piero Cerrai, Adriano Krajewski, Mauro Mazzocchi, Antonio Ravaglioli e Mario Tricoli, *Compatibilizing effect in composite biomaterials*, in Adriano Krajewski e Antonio Ravaglioli (a cura di), *Proceedings of 7th Meeting and Seminar on: Ceramics, Cells and Tissues. Biomimetic Engineering, a New Role for Ceramics, Faenza, Italy (2001)*, ISTECCNR, Faenza 2002, pagg. 127-130.

[70] Cfr. *ibid.*, pag. 128.

[71] Cfr. Larry L. Hench, *Bioceramics and the origin of life*, cit., pagg. 696-697.

[72] Cfr. Giulio D. Guerra, Piero Cerrai, Mario D'Acunto, Adriano Krajewski, Simona Maltinti, Mauro Mazzocchi, Maurizio Palla, Antonio Ravaglioli e Mario Tricoli, *Polymerization of ϵ -Caprolactone Initiated through Powders of Biological and Nonbiological Glasses*, cit., pag. 1585.

[73] Larry L. Hench, *Bioceramics and the origin of life*, cit., pag. 701.

[74] Cfr. san Tommaso d'Aquino, *Summa theologiae*, parte I, questione 2, articolo 3.

[75] Per le posizioni filosofiche di Michael Polanyi cfr. Idem, *La conoscenza inespresa*, trad. it., Armando, Roma 1979. Un accenno alle conseguenze della mancanza, nel suo pensiero, di "qualsiasi richiamo a una metafisica realista" si trova in S. L. Jaki, *La strada della scienza e le vie verso Dio*, tr. it., Jaca Book, Milano 1988, pagg. 426-427 nota.

[76] Cfr. Michael Polanyi, *Life Transcending Physics and Chemistry*, in *Chemical and Engineering News*, 21-8-1967, pagg. 54-66.

[77] *Ibid.*, pagg. 64-65

[78] *Ibid.*, pag. 62.

[79] *Ibid.*, pag. 64.

[80] M. Barbieri, *I codici organici. La nascita della biologia semantica*, cit., pagg. 215-240.