

La vita sulla terra è sorta spontaneamente nel “brodo primordiale”? L’evento è riproducibile?

Riflessioni sui problemi posti dall’omochiralità di aminoacidi e zuccheri e dall’universalità del codice genetico

A cura di Mauro Negri – maggio 2023

Parte prima

Introduzione

La scienza come spiega l’origine della vita sulla terra?

Secondo l’ipotesi più accreditata la vita sarebbe sorta spontaneamente, grazie a combinazioni casuali di semplici molecole inorganiche, in un ambiente chimico-fisico che ha favorito la formazione di composti via via più complessi fino a giungere a un’entità in grado di riprodursi.

Una prima traccia di questa ipotesi la troviamo in una lettera scritta da Charles Darwin (**Figura 1**) ad un amico nel 1871, dodici anni dopo aver pubblicato il libro *“L’origine delle specie mediante la selezione naturale”*. In questo libro rivoluzionario, frutto di molti anni di osservazioni naturalistiche, Darwin asseriva che le specie non sono immutabili, come si era sempre creduto, anche sulla base di un’interpretazione letterale della Bibbia — che pertanto Darwin non riteneva ispirata da Dio — ma bensì che tutte le specie viventi erano sorte da specie differenti che le avevano precedute. Oggi sappiamo che la generazione di nuove specie è dovuta

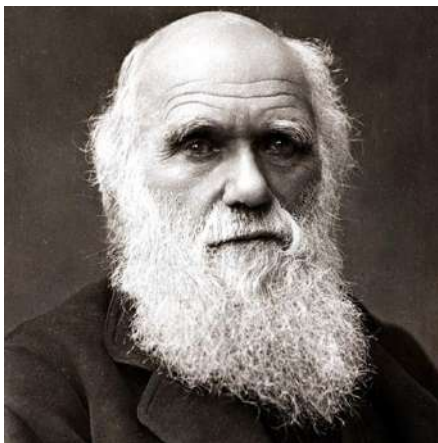


Figura 1. Charles Darwin 1809-1882.

a mutazioni del DNA, ma ai tempi di Darwin il meccanismo che portava al cambiamento di caratteri, che a sua volta conduceva al sorgere una nuova specie, era ignoto. Il termine per rappresentarlo fu “evoluzione”; termine che è però inaccurato perché sembra indicare una tendenza positiva, un miglioramento, quando invece le nuove specie potrebbero risultare adatte all’ambiente e proliferare ma anche inadatte ed estinguersi: questa distinzione è peraltro insita nel sottotitolo del libro di Darwin: “... *mediante la selezione naturale*”. Nell’**Inserto 1** a pag.3, vengono esemplificati in maniera essenziale l’origine e il destino di una nuova specie.

Darwin ipotizzava che tutte le specie derivavano da una prima semplice forma di vita. Nella lettera all’amico suggeriva che l’iniziale scintilla della vita poteva essersi verificata in un “*piccolo e tiepido stagno, contenente ammoniaca e sali fosforici, luce, calore, elettricità, ecc.*”.

Nel 1953 un esperimento condotto dagli scienziati Stanley Miller e Harold Urey rafforzò tale ipotesi ma ne rivelò anche dei limiti; limiti sui quali si concentra il presente opuscolo nella sua seconda parte.

Prima di procedere è utile definire cosa si intende per vita e per brodo primordiale.

Una definizione di vita

Processo codificato nel DNA che porta allo sviluppo di un organismo, alla conservazione della sua integrità mediante interazioni con l’esterno e alla sua riproduzione in nuovi organismi simili (**Figura 2**).

Il termine “processo” indica il procedere, cioè la sequenza di cambiamenti fra loro concatenati indirizzati verso un fine. Più avanti, a partire da pagina 4, si parlerà di come le informazioni sono scritte, o per meglio dire codificate, nel DNA .

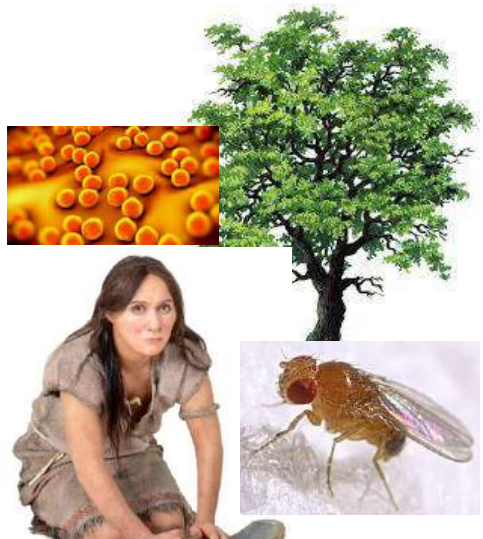


Figura 2. Alcune specie di viventi.

Una definizione di brodo primordiale

Ipotetico ambiente ancestrale nel quale si pensa siano avvenuti gli eventi chimico-fisici che hanno dato origine alla vita sulla terra circa 3,5 miliardi di anni fa (la terra ha 5 miliardi di anni). Dal punto di vista chimico il brodo primordiale si ritiene fosse una miscela acquosa di composti chimici semplici in un ambiente povero di ossigeno (**Figura 3**).



Figura 3. Rappresentazione artistica del brodo primordiale.

INSERTO 1. Una nuova specie di passeri è sorta in un nido, nel tetto qui sopra

Per una mutazione del DNA la nidiata ha il becco più grosso e forte di quello dei genitori. I pulcini, una volta adulti, trasmetteranno il nuovo carattere alla progenie e si genererà una nuova specie. Ecco tre possibili esiti:

1. La nuova e la vecchia specie prosperano una accanto all'altra.
2. A causa di una grave carestia dei piccoli semi di cui si nutrono, i passeri originali si estinguono. Invece, la nuova specie, grazie al becco grosso e forte, in grado di rompere il guscio di semi più grandi, ad esempio nocchie, delle quali non vi è penuria, continua a prosperare.
3. La nuova specie, appesantita nel volo a causa del peso del nuovo becco è facile bersaglio di predatori e si estingue. Invece, i più agili passeri originali possono sfuggire ai predatori e continuare a prosperare.

La vita: cenni di biologia

Cos'è il DNA e cosa sono i geni

Si è definita la vita come un processo codificato nel DNA: si vedrà ora cos'è il DNA e come funziona. Il DNA è un lunghissimo filo costituito da una successione di molecole; si veda nell'**Inserto 2** a pag. 5 cosa sono le molecole.

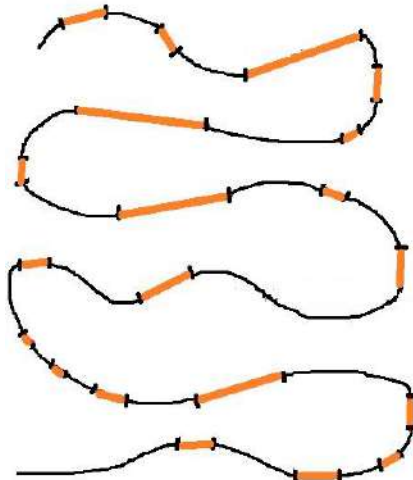


Figura 4. *Rappresentazione di un tratto di DNA. In colore sono evidenziati i geni; l'evidenziazione è solo didattica perché nella realtà i geni non sono morfologicamente distinguibili dal resto del DNA.*

Il codice del DNA

Nel DNA sono riportate, con un linguaggio cifrato, detto codice, le istruzioni per lo sviluppo, la conservazione e la riproduzione degli esseri viventi. Il codice è contenuto nei "pioli" della scala simbolicamente immaginata, ed è rappresentato con ulteriori dettagli nella **Figura 7**. Il

In questo filo sono intercalati tanti tratti detti geni (**Figura 4**): in tutto circa 20.000. Ciascun gene contiene l'informazione per produrre una particolare proteina. In certe fasi dello sviluppo cellulare il DNA è organizzato in cromosomi, come esemplificato nell'**Inserto 3** a pag. 5.

Struttura spaziale del DNA

Il DNA è una doppia elica. Lo si può immaginare come una scala a pioli attorcigliata su sé stessa (**Figura 6**).

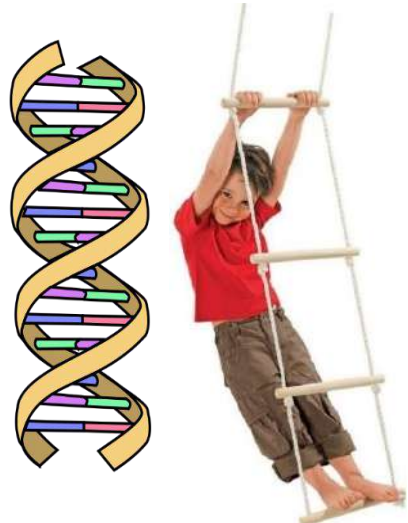


Figura 6. *Rappresentazione spaziale del DNA come una scala a pioli attorcigliata su sé stessa.*

INSERTO 2. Cosa sono le molecole

Gli atomi sono le unità fondamentali dell'universo; vi sono circa un centinaio di differenti atomi: l'atomo di ossigeno (simbolo O), l'atomo di carbonio (C), l'atomo di idrogeno (H), l'atomo di ferro (Fe), l'atomo di azoto (N) ... e così via.

Però, quello che noi vediamo, tocchiamo, respiriamo, mangiamo ... non sono atomi, se non in rari casi, bensì molecole. Per molecole intendiamo gruppi ben definiti di atomi legati fra loro. Ecco alcuni esempi di molecole: l'acqua è una molecola costituita da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno strettamente legati tra loro (H_2O – si legge accadueo); lo zucchero che usiamo in cucina (saccarosio) è formato dall'unione di 12 atomi di carbonio, 22 di idrogeno e 11 di ossigeno; l'ossigeno che respiriamo è formato da due atomi di ossigeno; l'azoto che pure respiriamo (l'aria è costituita per l'80% da azoto) è formato da due atomi di azoto. Queste che sono state citate sono molecole tutto sommato piccole; ci sono poi molecole più grandi: ad esempio le differenti proteine possono essere costituite da poche centinaia a molte migliaia di atomi. Il DNA può essere considerato come l'insieme di centinaia di migliaia di differenti molecole piccole e medie unite tra loro ma può anche essere pensato come una enorme macromolecola fatta di miliardi di atomi. Si noti che dalla combinazione del centinaio di differenti atomi esistenti si possono formare infinite differenti molecole.

INSERTO 3. Cosa sono i cromosomi

I cromosomi sono una forma di organizzazione del lunghissimo filo di DNA contenuto nelle cellule. Così come le matasse sono costituite dall'avvolgimento di fili di lana, analogamente i cromosomi sono costituiti dall'avvolgimento ordinato di lunghi tratti del filo di DNA: vedi **Figura 5**. In questo modo si risparmia spazio e il filo non si ingarbuglia.



Figura 5. Cromosomi e matasse di lana

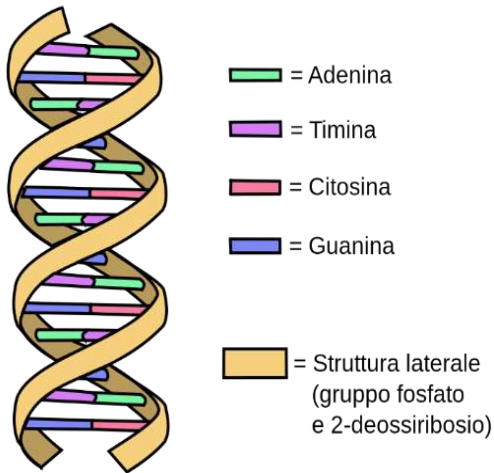


Figura 7. *Rappresentazione del DNA. Si noti come ciascun “piolo”, cioè ciascun ponte che unisce le due eliche, è diviso in due parti. Ciascuna parte corrisponde a uno dei quattro nucleotidi portatori del codice genetico: Adenina, Timina, Guanina e Citosina. Per semplicità: A, T, G e C.*

lunghissimo filo di DNA – del quale le figure or ora richiamate rappresentano solo un piccolo tratto – è costituito dal susseguirsi di quattro differenti molecole: i nucleotidi Adenina, Timina, Guanina e Citosina (che d’ora in avanti saranno identificati con le sole lettere iniziali A, T, G e C). Per usare una metafora, è come se le istruzioni riportate nel DNA fossero scritte con parole tratte da un alfabeto di sole quattro lettere. Si può immaginare come esempio il tratto ...ATGACGGAGCTTCGGAGCTAG... Si vedrà in seguito come viene decodificato questo tratto di “parola” apparentemente incomprensibile.

Tornando all’allegoria della scala a pioli, si può immaginare ciascun piolo come costituito dall’unione di due mezzi-pioli, rappresentati con due colori differenti nella **Figura 7**. Nella differente ma equivalente rappresentazione di **Figura 8** si evidenzia inoltre come le due singole eliche che costituiscono la doppia elica del DNA siano fra loro unite da legami tesi fra le lettere dell’alfabeto prima descritte. È importantissimo notare che le quattro lettere formano coppie fisse: la A è sempre abbinata alla T e la G è sempre abbinata alla C; si dice pertanto che A e T sono tra loro complementari, e così pure lo sono tra loro G e C. Sempre nella **Figura 8** si può osservare che ciascuna delle quattro lettere è sempre associata ad una molecola di fosfato (P) e ad uno zucchero, il Desossiribosio, che riveste un grande interesse per l’oggetto di questo opuscolo.

Date queste premesse si arriverà ora a capire, per gradi, come viene decifrato l’apparentemente incomprensibile codice del DNA.

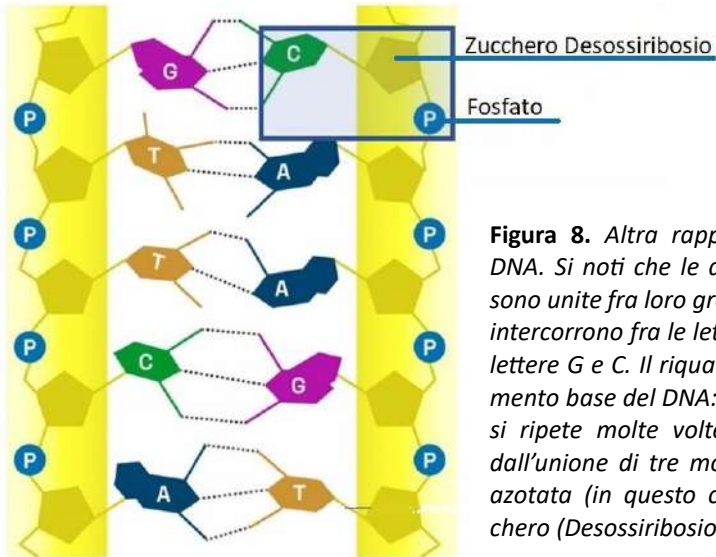


Figura 8. *Altra rappresentazione del DNA. Si noti che le due eliche singole sono unite fra loro grazie ai legami che intercorrono fra le lettere A e T e fra le lettere G e C. Il riquadro delimita l'elemento base del DNA: il nucleotide, che si ripete molte volte ed è costituito dall'unione di tre molecole: una base azotata (in questo caso C), uno zucchero (Desossiribosio) e un fosfato.*

Il “dogma” della biologia

Il dogma della biologia definisce il flusso dell'informazione, cioè come da ciascun gene contenuto nel DNA si giunga alla produzione di una ben precisa proteina. Come mostra la **Figura 9**, il flusso si realizza in tre tappe.

- Duplicazione del DNA
- Trascrizione del DNA in RNA
- Traduzione dell'RNA in proteine.

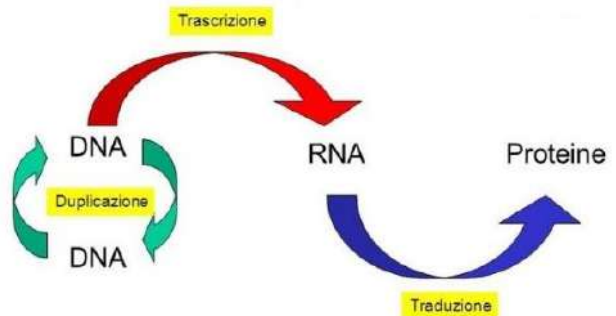


Figura 9. *Il dogma della biologia.*

Duplicazione del DNA

La duplicazione del DNA è un meccanismo necessario per la vita. Tutti i viventi hanno un certo numero di geni che determinano le caratteristiche della

propria specie. Ne consegue che quando una cellula si duplica anche i geni devono duplicarsi: una copia rimane alla madre e una copia passa alla figlia.

Nel caso dei batteri la riproduzione avviene per divisione: la cellula batterica si ingrossa duplicando il suo contenuto, DNA compreso, e poi si divide a metà dando origine a due cellule identiche alla cellula madre. Negli organismi più complessi, quali ad esempio i mammiferi, il meccanismo è simile; cambia il fatto che la riproduzione è in questo caso sessuata per cui ogni cellula contiene due copie di ciascun gene: uno di derivazione materna e uno paterna. Inoltre, gli organismi complessi non sono monocellulari come i batteri bensì pluricellulari, costituiti cioè di tante cellule tra loro differenti: le cellule dell'intestino, le cellule del sangue e così via. Ma anche per gli organismi complessi, come per i batteri, quando una cellula si riproduce il DNA deve duplicarsi e le due copie devono risultare identiche.

La duplicazione del DNA avviene grazie alla complementarità a due a due delle quattro lettere dell'alfabeto genetico: A, T, G e C. Abbiamo infatti visto che A e T sono tra loro complementari e così pure lo sono tra loro G e C. Detto in un altro modo, A si unisce sempre e solo a T; T si unisce sempre e solo ad A; G si unisce sempre e solo a C; C si unisce sempre e solo a G.

Il meccanismo è il seguente: inizialmente, come mostra la **Figura 10a**, la doppia elica del DNA viene aperta, cioè scomposta in due eliche singole.

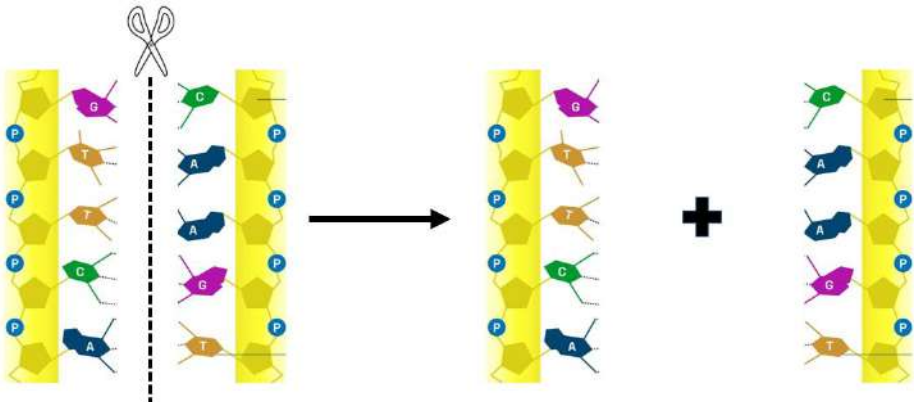


Figura 10a. Prima fase della duplicazione del DNA. La doppia elica viene aperta. Le eliche che la compongono vengono separate dando origine a due eliche singole.

Successivamente, alle lettere di ciascuna delle due eliche aperte vengono attaccate le lettere complementari, che sono prese dal liquido cellulare, dove abbondano. Quindi, alle lettere A di ciascuna elica aperta vengono attaccate lettere T; alle T vengono attaccate A; alle G vengono attaccate C e alle C si attaccano G (**Figura 10b**). Come risultato finale, da ciascuna delle due eliche singole si ricomporrà il DNA a doppia elica. In conclusione, partendo da un solo DNA a doppia elica e si è giunti a due DNA a doppia elica identici all'originale: uno per la cellula madre e l'altro per la cellula figlia.

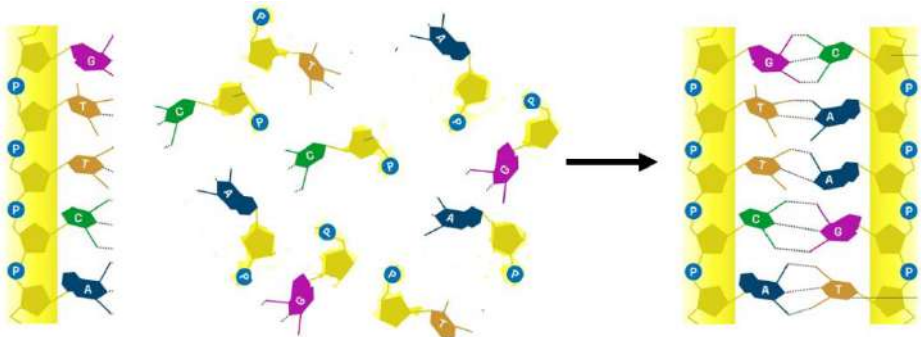


Figura 10b. Seconda fase della duplicazione del DNA. A ciascun nucleotide di ciascuna delle due eliche separate (qui se ne vede solo una) viene aggiunto il nucleotide complementare che si trova sciolto nel liquido della cellula.

Trascrizione del DNA in RNA

Nella **Figura 4** si è visto che l'intero lungo filo di DNA è costituito di tanti tratti detti geni, intercalati a tratti di DNA non genico. In precedenza è stato anche detto che ogni gene contiene le istruzioni per fare una proteina. Tuttavia, "l'operaio" (useremo anche in seguito questo termine per rappresentare gli operatori molecolari che agiscono dentro le cellule) che deve produrre la proteina non è capace di leggere le istruzioni scritte nel DNA, ma solo quelle scritte, in maniera differente, nell'RNA.

Per capire questa "complicazione" si può usare la metafora della stampa di Gutenberg (**Figura 11**). Il DNA può essere paragonato alla matrice che è stata compilata con caratteri di piombo e l'RNA alle stampe ricavate pressando la matrice su fogli di carta. Una prima ragione del passaggio da DNA a RNA è che il DNA, come la matrice piombo, sono originali unici da preservare, che non

vanno dati in mano ai lettori. Una seconda ragione è che, al pari della matrice di Gutenberg, che consente la produzione di molte stampe, da un unico DNA si possono trascrivere molti RNA. Le molte copie di RNA potranno così essere lette da altrettanti “operai”. In questo modo la produzione di proteine risulterà molto aumentata.



Figura 11. *Rappresentazione della stampa di Gutenberg.*

Dal punto di vista chimico, l’RNA è molto simile al DNA. Le differenze sono due: la prima è che nell’RNA lo zucchero Desossiribosio è sostituito dallo zucchero Ribosio. La seconda è che la Timina (T) è sostituita dall’Uracile (U) per cui l’alfabeto non sarà più A, T, G e C ma bensì A, U, G e C. La molecola A anziché essere complementare a T sarà ora complementare a U mentre la molecola G continuerà a essere complementare a C.

La trascrizione chimica di DNA in RNA avviene in maniera simile alla duplicazione del DNA mostrata nelle **Figure 10a e 10b**. Come nella duplicazione del DNA, anche nella trascrizione la doppia elica del DNA viene aperta, cioè scomposta in due eliche singole. Il filamento di RNA si formerà poi per complementarità sull’elica di DNA: se nel DNA c’è A, nell’RNA nascente si attaccherà una U (anziché T); se nel DNA c’è T nell’RNA si attaccherà A; se nel DNA c’è G nell’RNA si attaccherà C; se nel DNA c’è C nell’RNA si attaccherà G (**Figura 12**). Come nella duplicazione del DNA i nucleotidi, cioè le lettere dell’alfabeto dell’RNA che si sta formando, vengono reperiti nel liquido intracellulare. Una volta completato, il filamento di RNA si separerà dal DNA e verrà inviato ad un “operaio” che lo dovrà “tradurre” nella proteina corrispondente al gene dal quale si è partiti.

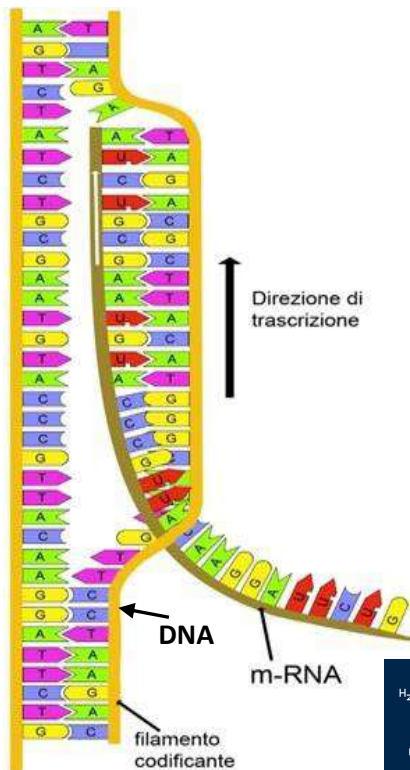


Figura 12. Trascrizione del DNA in RNA. Il meccanismo è simile a quello visto per la duplicazione del DNA. Anche in questo caso i nucleotidi dell'RNA in formazione vengono presi dal liquido cellulare.

Si vedrà ora il meccanismo attraverso il quale vengono prodotte le proteine.

Il codice, cioè il progetto, scritto nell'RNA come sequenza di A, U, G e C, viene letto da un apposito "operaio" che ha il

Traduzione dell'RNA in proteine

Va anzitutto chiarito cosa sono le proteine. Si tratta di file più o meno lunghe di 20 diverse molecole, dette aminoacidi (**Figura 13**), legate di seguito l'una all'altra. Il genoma umano, come è stato detto in precedenza, è costituito da circa 20.000 geni, ognuno dei quali contiene il codice, cioè l'istruzione, il progetto, per produrre una particolare proteina; quindi, nell'uomo vengono prodotte circa 20.000 differenti proteine, ciascuna con una sua funzione specifica. Nell'**Inserto 4** a pag. 13 viene spiegato il perché i geni codificano solo proteine e non anche altre classi di molecole ugualmente necessarie per la vita.

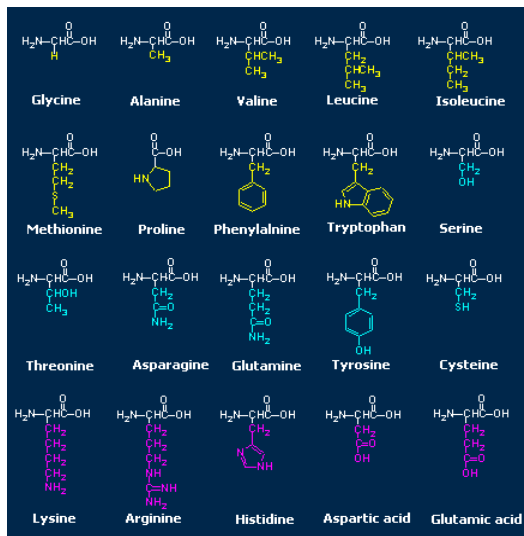


Figura 13. I venti aminoacidi: le unità fondamentali delle proteine.

compito di unire l'uno all'altro in "fila indiana" gli aminoacidi nell'ordine prestabilito. Si immagina ad esempio che "l'operaio" si trovi di fronte il tratto di istruzioni AUGACGGAGCUUCGGAGCUAG mostrato in **Figura 14**, a sinistra, nell'elica di RNA. Come fa "l'operaio" a decodificarlo, cioè tradurlo in una proteina?

Il codice si svela se dividiamo la serie di lettere dell'RNA in triplette, cioè in gruppi di tre lettere per volta (nella figura identificati come "Codoni"), e assegniamo a ciascuna tripletta l'aminoacido corrispondente mostrato nella tabella della figura. "L'operaio" fa proprio questo: legge le lettere a triplette e

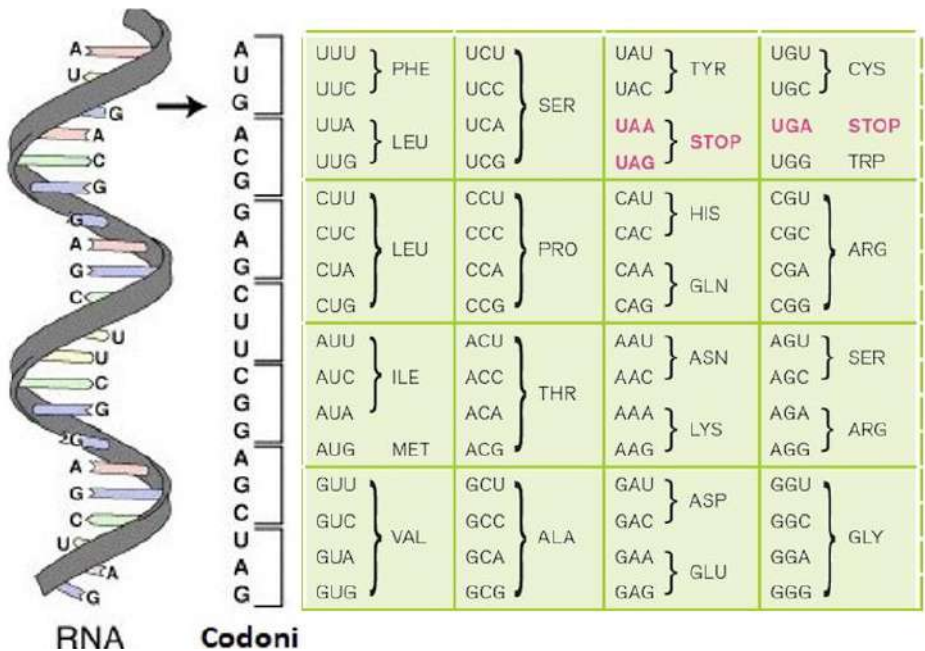


Figura 14. Nel codice dell'RNA a ciascuna tripletta di nucleotidi (a sinistra) corrisponde un aminoacido (tabella a destra).

per ogni tripletta prende il corrispondente aminoacido dal liquido cellulare. Poi aggiunge l'aminoacido alla proteina che sta assemblando.

Per capire meglio si pensi a un "operaio" metalmeccanico che deve costruire una macchina assemblando i pezzi secondo le istruzioni scritte nel progetto. Si segua ancora la **Figura 14**. "L'operaio" legge le prime tre lettere

dell'istruzione, cioè dell'RNA: le lettere sono AUG. "L'operaio", che conosce la tabella a destra nella figura, sa che ad AUG corrisponde MET, cioè l'aminoacido metionina. Che cosa fa? Cerca la cassetta delle metionine, prende una metionina e la mette sul banco di lavoro. Continuando con la lettura delle istruzioni vede che la seconda tripletta è ACG, che corrisponde all'aminoacido THR, cioè treonina. Cerca allora la cassetta delle treonine, prende una treonina e la attacca al precedente aminoacido, la metionina, che già aveva preso. Continuando di questo passo aggiungerà altri aminoacidi alla proteina che sta assemblando. Arriviamo così all'ultima delle triplette dell'RNA in esame: la tripletta è UAG. Nella tabella si vede che UAG è il segnale di STOP: significa che la proteina è completata e pronta per uscire dalla fabbrica.

INSERTO 4. Perché i geni codificano solo proteine?

Sono proteine la gran parte dei muscoli, l'emoglobina, il collagene, i capelli, gli enzimi, gli anticorpi, alcuni ormoni e altre parti degli esseri viventi. Però gli organismi sono costituiti anche, e in quantità rilevanti, di grassi, carboidrati, minerali, acidi e altre sostanze chimiche: sostanze che non sono proteine ma sono ugualmente indispensabili.

E allora, perché il genoma codifica solo proteine? Come si spiega questa centralità delle proteine? La risposta è che tutte le molecole dell'organismo che non sono proteine, vengono prodotte, trasformate, regolate ed eliminate da proteine (con qualche eccezione).

L'ipotesi del brodo primordiale generatore della vita

Si è già visto che Darwin ipotizzò che l'iniziale scintilla della vita poteva essersi verificata in un "*piccolo e tiepido stagno contenente ammoniacca e sali fosforici, luce, calore, elettricità ...*": ossia quello che oggi chiamiamo brodo primordiale.

Si è nel 1871. In quegli anni non vi erano le conoscenze tecniche necessarie per verificare sperimentalmente l'ipotesi.

Nei decenni che seguirono, e ancora fino a oggi, l'ipotesi venne via via riformulata da altri scienziati, che precisarono con maggiore accuratezza le condizioni chimiche e fisiche ideali. Si arriva così, oltre ottanta anni dopo la formulazione dell'ipotesi di Darwin, al famoso esperimento di Miller e Urey.

Origine della vita: quindi è tutto chiaro? Capitolo chiuso?

No! Rimangono degli aspetti misteriosi e contraddittori che la scienza, fino a oggi, non è riuscita a spiegare.

Parte seconda

Il problema irrisolto dell'omochiralità di aminoacidi e zuccheri

Cos'è la chiralità

La chiralità è una proprietà geometrica per cui uno stesso oggetto può esistere in due forme o configurazioni, l'una immagine speculare



Figura 17. Chiralità delle mani.

dell'altra. Il nome deriva dal greco χείρ, cheir, che significa "mano". La mano destra è speculare ma non uguale alla sinistra. Benché entrambe siano costituite da un pollice, da un indice, ecc., per quanto la si giri e la si ruoti la mano destra sarà sempre distinguibile dalla sinistra (Figura 17).

In natura esistono diverse realtà chirali: si pensi ad esempio ad altri organi di animali quali piedi e orecchie, oppure alla conchiglia della chiocciola e di gasteropodi marini. Anche molti manufatti di uso comune sono chirali: si vedano le immagini della Figura 18 a pagina 16. Si vedrà qui di seguito che anche le molecole possono essere chirali.

Gli aminoacidi sono molecole chirali

La chiralità è una proprietà che riguarda anche le molecole: alcune sono chirali altre no. Come mostrato nella Figura 19, gli aminoacidi sono chirali:

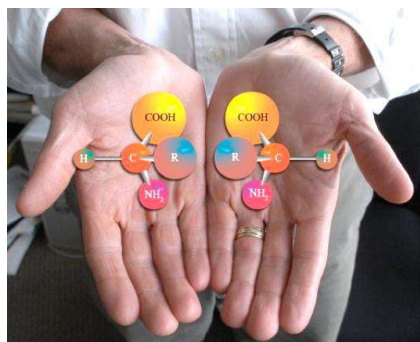


Figura 19. Chiralità degli aminoacidi.

per quanto lo si giri e lo si ruoti l'aminoacido disegnato sulla mano destra sarà sempre distinguibile da quello posto sulla mano sinistra. Esistono quindi due forme di ciascun aminoacido. Per convenzione, cioè per un accordo intercorso fra esperti, le due forme vengono dette "D" (da destrogire) e "L" (da levogire): questa classificazione è basata sulla capacità che hanno queste molecole di ruotare rispettivamente verso destra (in senso orario) e verso sinistra (in senso antiorario) una luce che le attraversi.

Figura 18.

- *Le portiere dell'auto sono chirali*
- *I pneumatici non sono chirali*
- *Le viti sono chirali*
- *I chiodi non sono chirali*



Una misteriosa contraddizione: l'omochiralità "L" degli aminoacidi

Tutte le specie viventi conosciute, siano esse microbi, piante o animali, siano esse viventi o estinte, hanno esclusivamente aminoacidi nella sola conformazione "L". Però, nell'esperimento di Miller e Urey, gli aminoacidi che si formavano erano per metà nella forma "L" e per metà nella forma "D".

Come si concilia questo dato con il corollario dell'esperimento di Miller e Urey? Come mai dalle molecole complesse miste "L" e "D" che si formavano non si è giunti a forme di vita aventi aminoacidi nella conformazione "D"? Oppure aventi forme miste "L" e "D"?

Gli scienziati da tempo studiano il fenomeno e sono state formulate diverse ipotesi per spiegarlo: si veda l'Inserito 5. Nessuna di queste ipotesi è stata però provata: tant'è che in un articolo apparso nel 2005 sulla rivista Science, l'origine dell'omochiralità è stata inserita nella lista dei 125 misteri ai

quali la scienza non ha ancora saputo dare una risposta. Quanto detto vale anche per l'omochiralità degli zuccheri descritta al prossimo punto.

INSERTO 5: Ipotesi scientifiche per spiegare le omochiralità di aminoacidi e zuccheri

Asimmetria dell'interazione debole o forza nucleare debole. In fisica l'interazione debole è una delle quattro interazioni fondamentali; ha a che fare con l'orbita degli elettroni ed è responsabile della radioattività. Per quanto riguarda gli aspetti chimici che ora ci interessano, è stato osservato che l'interazione debole induce uno sbilanciamento a favore della forma chirale "L" (nel linguaggio chimico si dice "enantiomero L") che potrebbe aver favorito l'emergere di tale enantiomero durante la biogenesi. L'asimmetria risulta però solo di interesse teorico perché è quantitativamente di grado trascurabile. In uno studio specificamente rivolto agli aminoacidi è stato infatti calcolato che la prevalenza dell'enantiomero "L" rispetto al "D" è di appena una parte su 10^{17} , cioè un enantiomero "L" in più ogni cento milioni di miliardi di enantiomeri "D". Veramente poco per attribuirgli un effetto pratico sull'omochiralità "L" degli aminoacidi nei viventi; inoltre, non si spiegherebbe perché gli zuccheri hanno seguito la via opposta, cioè l'omochiralità "D".

Auto-amplificazione di una delle due forme in un sistema bifase. È stato ipotizzato che in una miscela inizialmente paritaria di "D" e "L" (in chimica si dice "miscela racemica"), si formino due domini chirali separati da sottili interfacce, che rimangono in equilibrio fino a quando effetti dovuti all'ambiente rompono la loro stabilità; in tal caso il sistema vira verso uno dei due assetti. L'applicazione di questo principio alla vita omochirale sulla terra è valido solo se si considera l'origine della vita un fenomeno unico e irripetuto, perché altrimenti si sarebbe anche dovuto osservare l'emergere, nel tempo, di chiralità differenti: cosa che non è avvenuta.

Selezione di un enantiomero ad opera della luce polarizzata. Poiché certi cristalli hanno la facoltà di polarizzare la luce che li colpisce e la luce polarizzata può degradare selettivamente con maggiore efficienza uno dei due enantiomeri, è stato ipotizzato che la vita potrebbe essere sorta presso tali cristalli che hanno favorito un enantiomero rispetto all'altro. A questa ipotesi si potrebbe opporre la stessa obiezione del punto precedente.

Origine extraterrestre della vita. È possibile che le molecole alla base della vita, anziché essersi formate in un "piccolo e tiepido stagno...", siano giunte a noi direttamente dallo spazio. In questo caso però il problema non sarebbe risolto ma solo spostato al di fuori della terra.

Un'altra misteriosa contraddizione: l'omochiralità "D" degli zuccheri

Anche gli zuccheri sono chirali. In tutti i viventi il Desossiribosio del DNA, il Ribosio dell'RNA e gli zuccheri del metabolismo (Glucosio e altri) esistono solo nella conformazione "D". Sono cioè anch'essi inspiegabilmente omochirali. Si ripete quindi anche per gli zuccheri, stavolta a chiralità invertita, l'inspiegabile fenomeno descritto sopra per gli aminoacidi.

Riassunto dei problemi determinati dall'omochiralità di aminoacidi (costituenti delle proteine) e zuccheri (costituenti di DNA, RNA ed elementi fondamentali del metabolismo)

Tutti i viventi hanno:

Aminoacidi "L" e zuccheri "D"

Perché in miliardi di anni non sono sorte anche forme viventi con:

Aminoacidi "D" e zuccheri "L"

Aminoacidi "D" e zuccheri "D"

Aminoacidi "L" e zuccheri "L"

Eppure, queste ultime tre forme alternative avrebbero anche loro potuto sostenere la vita (**Figura 20**).

Di seguito vengono discussi due punti importanti attinenti l'omochiralità (che non risolvono le criticità finora osservate).

Il vantaggio energetico dell'omochiralità

L'omochiralità è vantaggiosa per gli esseri viventi perché "economica": in biologia gli assetti tendono verso le forme meno dispendiose.

Una eventuale vita non-omochirale avrebbe comportato un raddoppio del "magazzino degli aminoacidi": non più 20 aminoacidi nella forma "L" bensì 40 aminoacidi: 20 nella forma "L" più altri 20 nella forma "D".

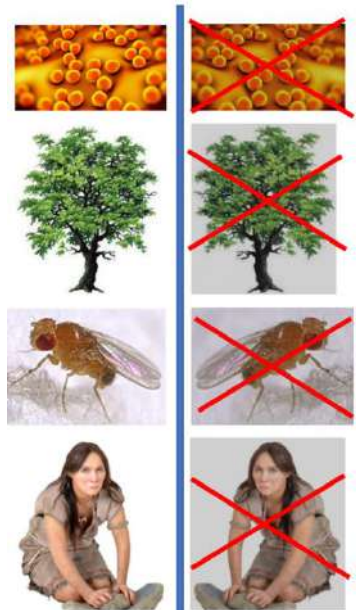


Figura 20. Rappresentazione della non chiralità alternativa delle specie.

Lo stesso raddoppio, cioè spreco, varrebbe anche per gli zuccheri: oltre a quelli nella forma "D" ne sarebbero serviti altrettanti nella forma "L".

Questi dati potrebbero spiegare l'affermarsi in natura dell'omochiralità ma non il vantaggio della "L" rispetto alla "D" o della "D" rispetto alla "L".

Può una delle due conformazioni omochirali essersi affermata sull'altra per competizione?

Una conformazione chirale potrebbe essersi affermata a scapito delle altre grazie alla competizione per una quantità di risorse limitata. Per fare una banale similitudine, se due animali ugualmente forti condividono una quantità di cibo insufficiente a sostenerli entrambi, quando il primo muore il sopravvissuto potrebbe avere cibo a sufficienza.

La teoria darwiniana dell'evoluzione per mutazioni casuali e selezione naturale non è propriamente applicabile al caso in esame perché le omochiralità alternative non comporterebbero alcun vantaggio. Si potrebbe però invocare una selezione non darwiniana, come nell'esempio dei due animali ugualmente forti in difetto di risorse. È tuttavia improbabile che il brodo primordiale difettesse di risorse, cioè di molecole semplici quali acqua, metano, ammoniaca, idrogeno e monossido di carbonio.

Inoltre, come dalla prima cellula si sono differenziate moltissime specie che convivono in competizione, come nell'esempio della **Figura 21**, perché si dovrebbero escludere omochiralità differenti tra loro in competizione?



Figura 21. Rappresentazione della competizione fra specie.

Un altro mistero: l'universalità del codice genetico

Tutti i viventi, siano essi microbi, piante o animali, usano lo stesso codice genetico. Si può dire che riconoscono tutti uno stesso alfabeto, con le stesse lettere. Inoltre, parlano tutti la stessa lingua (benché vi siano alcune piccole variazioni "dialettali"), riconoscono cioè "parole" che per tutti hanno lo stesso significato: per tutti la parola/codice "AUG" indica l'aminoacido Metionina, ecc. (Figura 14).

Cosa c'è di inspiegabile?

Perché in miliardi di anni non sono sorte anche forme viventi con alfabeti e semantiche differenti? (Figura 22). Questo appare strano: si pensi ai differenti alfabeti sorti in poche migliaia di anni di storia dell'uomo: latino; greco; cirillico; cuneiforme; geroglifico; cinese; giapponese, Morse ... Si pensi inoltre ai differenti significati assunti dalle stesse parole nelle differenti lingue: ad esempio la parola "dove", che in italiano è un avverbio, in inglese è un nome: colomba.



Figura 22. *Tutti i viventi usano lo stesso codice genetico. Perché in miliardi di anni non sono sorti codici differenti?*

Conclusioni possibili

Allo stato delle attuali conoscenze scientifiche non è possibile definire una conclusione certa risolutiva dei problemi discussi, che si prestano a differenti valutazioni a seconda della postura filosofica dell'osservatore. Come nel dipinto di Raffaello "La scuola di Atene" (Figura 23) i filosofi e la loro visione sono riconoscibili dalla postura, così si può immaginare la visione sull'origine della vita nei quattro differenti modelli di pensiero qui di seguito riportati.



Figura 23. *La scuola di Atene – Raffaello.*

Conclusioni dello scienziato (*inteso come scienziato "puro", illuminista /materialista, che limita la sua analisi ai fatti sensibili*)

Dati gli ostacoli posti dall'omochiralità di aminoacidi e zuccheri e dall'universalità del codice genetico, l'uomo di scienza puro, scevro da condizionamenti ideologici, riconoscerà improbabile l'origine casuale della vita dal "brodo primordiale" così come è stata finora formulata. Appare infatti improbabile che un fenomeno banalmente riproducibile in pochi giorni – perlomeno nella sua parte iniziale – come dimostrato da Miller e Urey, non si sia mai più verificato nei successivi 3,5 miliardi di anni. Una così formulata origine della vita appare pertanto unica, irripetuta e non riproducibile: termini questi che confliggono con la scienza perché escludono la verifica sperimentale (Figura 24).



Figura 24. *Scienziato.*

Conclusioni dell'agnostico (*agnosticismo inteso in senso lato, come atteggiamento concettuale con cui si sospende il giudizio rispetto a un problema quando non se ne può avere sufficiente conoscenza*)

Dati gli ostacoli posti dall'omochiralità di aminoacidi e zuccheri e dall'universalità del codice genetico, l'agnostico si riterrà impotente a riconoscere o a disconoscere l'origine della vita dal "brodo primordiale" così come è stata finora formulata (Figura 25).



Figura 25. *Agnostico.*

Conclusioni del credente

Anche in virtù degli ostacoli posti dall'omochiralità di aminoacidi e zuccheri e dall'universalità del codice genetico, il credente riterrà divina l'origine della vita. E continuerebbe a ritenerla divina anche se una nuova teoria si conciliasse con le leggi della scienza, perché è Dio che crea le leggi (Figura 26).



Figura 26. *Credente.*

Conclusioni dell'ateo

Poiché *"anche essere atei, come essere credenti, è una fede ..."* (Margherita Hack, presidente dell'Unione degli Atei e Agnostici Razionalisti), indipendentemente dagli ostacoli posti dall'omochiralità di aminoacidi e zuccheri e dall'universalità del codice genetico, l'ateo riterrà certa l'origine spontanea della vita sulla terra o altrove, anche se fino a oggi non è stata dimostrata (Figura 27).



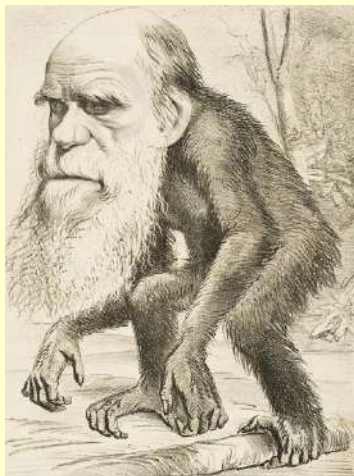
Figura 27. *Ateo.*

INSERTO 6. Darwin era ateo?

Al termine di una relazione avente come oggetto il tema trattato in questo opuscolo, nel quale è stato più volte citato il Charles Darwin scienziato, è stata posta al pubblico, culturalmente eterogeneo, la domanda: Darwin era ateo? Le risposte venute sono state affermative.

Prima di procedere può essere utile ricordare che le categorie ateo/credente non possono essere distinte scientificamente. Inoltre, apparenti indubitabili credenti potrebbero essere ipocriti mentre samaritani e samaritane, cananee, soldati pagani, vedove di Sarepta e perfino ladroni ...

Torniamo alla domanda: Darwin era ateo? Una certa oggettività può venire da una lettera scritta da Darwin al botanico Asa Gray nel 1860: la lettera fu scritta in forma privata, da un Darwin ormai maturo, ad un collega già convinto sostenitore della teoria dell'evoluzione. Non ci sono quindi ragioni per dubitarne la sincerità. Ecco un estratto della lettera, l'integrale è reperibile in rete. Le sottolineature sono state aggiunte dall'autore di questo opuscolo.



"Non posso per niente accontentarmi di vedere questo meraviglioso universo e soprattutto la natura dell'uomo e di dedurne che tutto è il risultato di una forza cieca. Sono incline a vedere in ogni cosa il risultato di leggi progettate (nell'originale "designed laws"), con i dettagli, buoni o cattivi che siano, lasciati all'azione di ciò che potremmo chiamare caso. Non che questa opinione mi soddisfi del tutto. Percepisco nel mio intimo che l'intera questione è troppo profonda per l'intelletto umano".

Soffermiamoci sulle tre frasi sottolineate. Ebbene, volendo collegare il testo alle quattro "posture" filosofiche descritte nelle conclusioni: scienziato, agnostico, credente e ateo, non si può non associare la prima frase sottolineata al **credente**: Darwin apparirebbe qui addirittura un antesignano della teoria del "disegno intelligente". Nella seconda sottolineatura è inquadrato lo **scienziato**, sempre aperto a congetture e confutazioni. Nella terza è delineato l'**agnostico**, che lascia aperto ad un oltre che non può negare/dimostrare.

In questo autografo, l'unica postura che non appare è quella dell'**ateo**.

Note sull'autore

Mauro Negri

Laureato in Medicina e Chirurgia, Specializzato in Biologia Clinica.

Già medico dell'Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata di Verona.

Già docente di Metodologie diagnostiche di biochimica e biologia molecolare, Biochimica e chimica dell'inquinamento ambientale, nel Corso di Laurea in Tecniche di laboratorio biomedico, presso l'Università di Verona.

Contatti: 333 2690183 – negrivr@tin.it