

Evoluzione o evoluzionismo- Fognano 2014

Rita Casadio

Una corretta impostazione del problema richiede a mio avviso che vengano ben definiti i termini rispetto a cui l'evoluzione deve essere intesa nel suo significato biologico. Tralasciando il problema filosofico dell'evoluzionismo, vorrei chiarire brevemente a che punto la ricerca scientifica è riuscita a dimostrare l'evoluzione di un organismo. Per uno scienziato che utilizza il metodo galileano (*res experiri*), il problema dell'evoluzione è rigorosamente affrontato a partire dagli esperimenti.

Come premessa potremmo partire dalla affermazione (dimostrabile anche sperimentalmente): il DNA di una cellula batterica contiene l'informazione circa il contenuto proteico del microrganismo (il 90/99% del DNA in un batterio codifica per proteine). Poi ad una attenta analisi dei termini (vale a dire con il progredire delle conoscenze acquisite) ci si è resi conto che in realtà esiste una distinzione tra proteoma statico (l'insieme di tutte le proteine che a partire dal DNA possono essere tradotte) e proteoma dinamico (le proteine che in funzione del ciclo cellulare, o delle condizioni ambientali) vengono realmente espresse. Il quadro quindi si complica. Esiste allora una serie di meccanismi (in parte noti) che oltre a stabilire una normale divisione al termine del suo tempo di vita (mitosi) rendono la cellula "sensibile" alle condizioni ambientali, che la "costringono" ad adattarsi per sopravvivere ed ottimizzare al meglio le risorse. Ricordiamo che la definizione che ancora (e nonostante le nostre conoscenze sul DNA) meglio descrive una cellula nel suo complesso è quella di sistema termodinamico aperto, in grado di scambiare energia e materia con l'ambiente.

Definiamo poi "epigenomica" l'insieme di tutti quei meccanismi che durante la vita della cellula riescono a promuovere segnali chimici tali per cui, qualunque perturbazione (pressione) l'ambiente in senso fisico/chimico eserciti sulla cellula, questa promuove una regolazione dell'espressione genica. Questi meccanismi possono anche essere ereditati senza una vera e propria alterazione del DNA. In maniera molto semplificata potremmo immaginare una serie concatenata di eventi chimici che a partire dall'esterno della cellula vengono amplificati al suo interno grazie al contenuto del citoplasma e da qui vengano recepiti a livello di quei siti che nel DNA sono preposti alla trascrizione dei geni in proteine. Ne consegue che il contenuto proteico di quella cellula può essere modulato e infine cambiare. Eventualmente la cellula si adatta allora ad un ambiente diverso, pur conservando il suo patrimonio genetico originale.

Quando il tutto diventa tanto stabile da concretizzarsi in un cambiamento a livello del DNA, allora la cellula dividendosi trasmette alle cellule "figlie" il suo patrimonio genetico modificato e si origina una cellula diversa in grado di sopravvivere al cambiamento ambientale (evoluzione della specie). Circa gli eventi di speciazione, è noto, abbiamo poco materiale a disposizione, e in genere le ipotesi fatte sono molto generali e vanno contestualizzate in intervalli temporali dell'ordine del milione di anni (ipotesi evolutiva). Già il reverendo William Dallinger (1839-1909) cresceva protozoi in un incubatore e si rese conto che gli organismi si adattavano a crescere dai 23 fino ai 70 gradi, ma che una volta cresciuti a 70 gradi non erano più in grado di crescere a 23. Scrisse nel 1878 a Darwin informandolo che forse aveva dimostrato la sua ipotesi relativa alla selezione naturale, e Darwin gli rispose semplicemente "molto interessante, molto curioso". Successivamente ad una lunga serie di ragguardevoli opinioni, senza dubbio il famoso esperimento di Luria e Delbrueck nel 1943, dimostra che le mutazioni in una popolazione batterica sono eventi random che accadono frequentemente (errori nella trascrizione del DNA in RNA, o errori di copiatura del DNA, diremmo oggi alla luce delle attuali conoscenze di genetica e biologia molecolare), mentre è la selezione che determina quali mutazioni siano poi propagate in quanto utili.

Recentemente si è tratto vantaggio dal breve tempo di vita di una cellula batterica in coltura (il tempo di vita medio di *Escherichia coli*, un piccolo microorganismo che costituisce lo 0.1% circa della flora intestinale umana, può variare da alcune ore ad un giorno in funzione delle condizioni ambientali quali temperatura, umidità relativa, concentrazione dei nutrienti). Richard Lenski e colleghi nel 1988 hanno iniziato quello che è noto come il più lungo progetto di evoluzione sperimentale (Lenski, *Microbe* 6, 30-33, 2011). Partendo da un unico clone di *E. coli* (un gruppo di cellule identiche derivate da un'unica cellula), lo ha propagato in 12 popolazioni batteriche indipendenti, ciascuna in una beuta con un mezzo di coltura molto semplice contenente concentrazioni limitanti di glucosio e citrato come fonte di carbonio. Solo in condizioni non aerobiche le cellule possono consumare il citrato. In condizioni aerobiche la fonte di carbonio resta il glucosio anche se è presente il citrato. Questo l'ipotesi base di tutto l'esperimento in cui sono state seguite le popolazioni sia in condizioni aerobiche che non, per circa 25 anni e per un totale di circa 50.000 generazioni. Ogni giorno per 25 anni, un campione della popolazione veniva trasferito ad una beuta nuova e periodicamente un campione delle diverse popolazioni veniva congelato. Le cellule batteriche hanno il vantaggio, se congelate, di potere riprendere la crescita quando il mezzo di coltura viene ripristinato. Grazie alle moderne tecniche di sequenziamento del DNA è stato poi possibile determinare la relazione tra genotipo e fenotipo delle diverse popolazioni e condurre una analisi dei risultati in termini di confronto genomico tra epoche "batteriche" diverse.

Il dato più interessante di tutta la storia dell'esperimento è che nonostante i miliardi di mutazioni che sono occorsi a livello del DNA, solo dopo 31.500 generazioni una variante riesce ad emergere in grado di utilizzare in ambiente aerobico il citrato come sorgente di carbonio.

Analizzando a livello del DNA l'evoluzione della popolazione originaria, è stato determinato che questa ha dato origine a popolazioni diverse che competevano per il substrato. Alcune di queste si sono estinte, altre hanno avuto il sopravvento. Perché comparisse la nuova abilità nella popolazione comunque sono occorse varie fasi preparatorie: una prima di potenziamento (mutazioni a livello del DNA, il cui rapporto tra quelle casuali, e quelle dovute all'ambiente rimane oscuro), una seconda fase di mutazioni di attuazione che ha come effetto la ri-organizzazione specifica di alcuni geni e che già permette una debole riproduzione cellulare nelle nuove condizioni ambientali, e infine una fase di miglioramento dopo cui in effetti la nuova linea cellulare, prima inesistente, è in grado di crescere secondo le nuove modalità.

A livello molecolare si è trovato che perché comparisse la nuova funzione occorre che due geni della pre-istorica popolazione dessero origine ad un unico gene, controllato quindi da un unico fattore di trascrizione (una proteina o un insieme di proteine che interagendo con il DNA in siti specifici, promuovono la produzione di specifiche proteine e in questo caso, la proteina che rende possibile l'ingresso nella cellula del citrato). Tuttavia perché questo si risolvesse in una crescita robusta della popolazione ha richiesto che comparissero nel DNA più copie del nuovo gene (circa nove) nella nuova linea cellulare (Blount ZD, Barrick JE, Davidson CJ, Lenski RE, *Nature* 489, 513-518, 2012).

Allora e in sintesi, l'esperimento dimostra che i cambiamenti genetici sono gradualisti, che richiedono la riorganizzazione del DNA e che i cambiamenti fenotipici sono repentini (comparsa di una nuova popolazione). In particolare i nuovi geni non sono inventati "de novo" ma l'evoluzione utilizza il materiale a disposizione. Quindi l'evoluzione, forse, ha delle regole specifiche per l'adattamento che possono essere trovate (per esempio cattura e amplificazioni di geni e dei loro promotori, fenomeni di epistasi (il fatto che un gene per essere espresso abbia bisogno che uno o più geni diversi risultino modificati); tuttavia fino a che punto questi eventi a livello molecolare possano far cambiare il fenotipo, dipende dalla storia precedente, dal caso e da fattori fortuiti, come per esempio il tipo di architettura genomica.

Se utilizziamo una generica definizione di informazione è evidente che ancora possiamo ritenere valida l'affermazione che il DNA contiene l'informazione necessaria per un piano di vita, a patto che consideriamo anche in senso lato la sua interazione con l'ambiente, che potremmo genericamente indicare con il termine epigenomica, pur sapendo che questo si riferisce solo a quello che succede all'interno di una cellula dato l'ambiente. L'esempio dei batteri ci aiuta ad essere molto cauti. Anche se ammettiamo con Luria e Delbruck che le mutazioni sono casuali e che la pressione selettiva è quella che le seleziona, non riusciamo certamente a sapere quali mutazioni che si riscontrano tra una popolazione batterica e l'altra siano fortuite o derivino da una interazione anche locale con l'ambiente. Quindi, dato questo problema al contorno, la nostra evoluzione rimane un concetto generico che introduce la nozione di tempo all'interno della descrizione dei cambiamenti genetici da una popolazione all'altra (di batteri). Quindi rimane completamente oscuro e ipotetico, come tutte le specie abbiamo poi potuto avere origine da una ancestor comune e se le varie filogenie abbiamo effettivamente la possibilità di fornire un modello realistico di quanto accaduto negli ultimi 3-4 miliardi di anni sul nostro pianeta.

Ricordiamo che è chiaro come si sia comparsa la cellula. Già questa è una complessità da spiegare a partire dai singoli elementi costitutivi. Inoltre gli organismi unicellulari una volta comparsi circa 2-3 miliardi di anni fa, dominano come unica forma di vita per alcuni miliardi di anni, il che ci fa ipotizzare sulla base dell'esperimento descritto che *miliardi di miliardi di miliardi* di mutazioni si siano accumulate anche solo nel dare origine ai batteri come li conosciamo oggi. Ora sicuramente queste forme di vita hanno dovuto adattarsi agli sconvolgimenti geologici epocali che ha subito il pianeta nel corso degli ultimi 3-4 miliardi di anni. Eppure i batteri sono ancora "vivi". E' quindi un dato di fatto che le mutazioni del DNA servono alla sopravvivenza della specie, tuttavia occorre tenere conto anche del ruolo del RNA e di come questo a sua volta possa entrare nella storia dei processi autocatalitici. In realtà se si esprime un ribosoma modificato anche il gene modificato può essere letto, e a sua volta potenziare l'espressione del fattore di regolazione che presiede all'attivazione di qualche gene di interesse per l'organismo.

Ora, pur ammettendo che un genoma in una cellula viva possa essere modificato tanto da dare origine poi ad una nuova specie, rimane quanto mai ingiustificato fondare teorie filosofiche sulla base di ipotesi scientifiche in gran parte non suffragate da evidenti prove sperimentali.