

Evoluzione dell'evoluzionismo in Biologia

We humans probably came from creatures that, as recently as 40 years ago, were unknown to exist.

— National Geographic, "What Darwin Didn't Know About Evolution", 25 settembre 2018.

Giorgia Luceri Scuola Superiore ISUFI, Università del Salento

In questo saggio verrà stilata una definizione del concetto di evoluzione, con riferimenti gli studiosi che hanno cercato di spiegare il meccanismo evolutivo della specie; verranno trattati alcuni esempi di riproduzione asessuata e l'importanza dell'epigenetica.

Con il termine evoluzione si intende il cambiamento, all'interno di una popolazione, delle caratteristiche ereditabili col passare delle generazioni. L'evoluzione può essere considerata, dal punto di vista biologico, come il risultato di una modificazione del materiale genetico all'interno di una popolazione: accanto a modifiche che non conducono a cambiamenti di tipo evolutivo ne sussistono altre significative al fine di modificare le caratteristiche in base a cui una popolazione di individui si evolve.

Il primo tentativo di spiegare, in biologia, il meccanismo evolutivo delle specie umane si de-

ve al francese Jean Baptiste Lamarck (1744 - 1829). Lamarck ipotizzò, nel 1809 [1] che tutte le specie, Homo sapiens incluso, discendessero da altre specie: in particolare le sue ricerche su organismi unicellulari e invertebrati lo condussero a ipotizzare che ciascuna specie derivasse da un'altra precedente e meno complessa. Gli organismi più semplici (unicellulari e invertebrati) avrebbero, nel corso del tempo, subito un processo graduale di modificazione che avveniva sotto la pressione delle condizioni ambientali. Formulò dunque l'ipotesi che in tutti gli esseri viventi fosse sempre presente una spinta interna al cambiamento, prodotta da due forze: (a) la capacità degli organismi di percepire i propri bisogni e (b) la loro interazione con l'ambiente in funzione di un migliore adattamento.

Per quanto attiene in particolare al profilo della genetica, un significativo contrappeso alla teoria evolutiva, come successivamente sviluppata da Charles Darwin e altri studiosi, può essere

Alleli, Genotipi e Fenotipi

Allele: una delle forme alternative che un gene può assumere nel medesimo sito (*locus*) cromosomico.

Genotipo: la costituzione genetica di un organismo o di un gruppo di individui, corrispondente all'insieme degli alleli presenti per ogni genere.

Fenotipo: insieme dei caratteri fisici di un individuo, determinati sia dal patrimonio genetico sia dall'azione ambientale.

rappresentato dal cosiddetto principio di Hardy - Weinberg. Nel 1908 G. H. Hardy e W. Weinberg [2] definirono "popolazione in equilibrio" una popolazione all'interno della quale né le frequenze alleliche né la distribuzione dei genotipi mutano col succedersi delle diverse generazioni. Non modificandosi le frequenze degli alleli, non si avrebbe, pertanto, evoluzione. Gli studiosi Hardy e Weinberg, lavorando indipendentemente, dimostrarono che la ricombinazione che si verifica a ogni generazione negli organismi a riproduzione sessuata non modifica le frequenze con cui compaiono i diversi alleli che costituiscono il pool genico. La stabilità e l'equilibrio del sistema, secondo tali studi, si verificano solo in condizioni ideali, nelle quali siano rispettate queste condizioni:

- la popolazione sia molto grande
- gli accoppiamenti tra gli individui siano casuali (popolazione panmittica)
- non ci siano nella popolazione fenomeni migratori (né emigrazioni e né immigrazioni)
- non si verificano mutazioni che modificano il pool genico
- tutti gli alleli abbiano lo stesso successo riproduttivo, non vi sia cioè selezione naturale.

In queste condizioni, dato un gene con due soli alleli T e t , le rispettive frequenze con cui compaiono i diversi alleli rimangono costanti nelle generazioni. Si indichi con p la frequenza dell'allele dominante T , e con q la frequenza dell'allele recessivo t . Poiché la somma delle frequenze alleliche deve essere pari al 100%, si ha $p + q = 1$ ed elevando al quadrato $(p + q)^2 = 1$, cioè

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

dove

- p^2 → frequenza del genotipo omozigote dominante (TT)
- $2pq$ → frequenza del genotipo eterozigote (Tt)
- q^2 → frequenza del genotipo omozigote recessivo (tt)

Un sistema in equilibrio di questo tipo richiede (come già visto) condizioni eccezionali. A modificare l'ipotetico equilibrio di Hardy-Weinberg intervengono stabilmente fattori evolutivi quali: mutazioni, selezione naturale, flusso genico (movimento di alleli verso l'interno o verso l'esterno del pool genico, in grado di introdurre nuovi alleli o alterare la proporzione degli alleli già presenti), deriva genica (il fenomeno per cui certi alleli aumentano o diminuiscono di frequenza e, talvolta, anche scompaiono, come risultato di eventi casuali) e accoppiamento non casuale (in grado di provocare cambiamenti nelle proporzioni dei genotipi).

Tutti gli esseri viventi sulla terra condividono un antenato comune: basti pensare all'omologia tra gli organismi attualmente viventi. Ciò era stato ipotizzato dallo stesso Charles Darwin, il rivoluzionario del pensiero scientifico, che individuò la natura del meccanismo evolutivo introducendo il concetto di selezione naturale operata dall'ambiente: l'ambiente pone dei problemi e le specie li devono risolvere, ma non lo fanno in modo attivo. Infatti secondo Darwin la variante nasce per caso, ed è successivamente l'ambiente a selezionarla, rendendola idonea a sopravvivere all'interno del gruppo di individui [3].

Per quanto attiene all'aspetto dell'evoluzionismo sul piano della riproduzione degli organi-

smi, si può osservare, a titolo estremamente generale, quanto segue. La riproduzione, come è ben noto, può essere di due tipi: asessuata, o agametica, e sessuata. La prima è il processo che consente la formazione di nuovi organismi da un singolo organismo, uni- o pluricellulare; ad esempio batteri e protisti sfruttano la scissione binaria, ovvero la separazione della cellula in due parti identiche, anellidi e cnidari quella multipla. In alcuni periodi dell'anno, però, soprattutto in primavera ed estate alle nostre latitudini, se si osservano alcune popolazioni di invertebrati, si scopre che tutti gli individui sono sempre e solo di sesso femminile, non esiste traccia dei maschi, che pur si conosce siano presenti in quelle specie. E per di più le femmine, che hanno un ciclo biologico molto breve (dalla nascita alla maturità sessuale bastano pochi giorni), continuano a produrre uova che si sviluppano senza essere fecondate, ovviamente visto che non ci sono maschi in giro. Com'è possibile tutto ciò? Si tratta di una riproduzione virginale chiamata partenogenesi, ovvero un particolare esempio di riproduzione sessuale asessuata, ovvero non anfigonica, che, pur implicando la formazione di gameti, non richiede fecondazione. Diversi gruppi animali adottano questa strategia riproduttiva come un adattamento a condizioni di vita molto difficili e precarie come i Crostacei, molti Insetti, gli Acari, i Rotiferi e qualche Nematode.

Nella partenogenesi obbligatoria le specie, abbandonata la fecondazione, si riproducono solo clonalmente e si ha un'alternanza di generazioni anfigoniche e partenogeniche. Seppur questo processo riduca la variabilità in realtà è positivo perché la stessa specie, sfruttando la poliploidia, riesce ad ottenere variazione a livello genico.

Un ulteriore prototipo di partenogenesi è dato dalle api. L'ape utilizza un ciclo vitale molto particolare: la regina depone le uova che verranno allevate dalle api operaie ma tali uova non sono tutte fecondate. La regina infatti si accoppia con l'ape maschio, il fuco, e grazie ad una particolare anatomia, può decidere quali ovuli fecondare e quali no. Gli ovuli fecondati si trasformano in femmine e gli ovuli non fecondati si trasformano in fuchi. Tra le femmine, mediante un meccanismo particolare di nutrimento, viene definita un'ape regina diploide che avrà il compito di riprodursi. Questo sistema che prevede

la nascita di maschi o femmine a seconda dello stato di fecondazione degli ovuli prende il nome di partenogenesi aplodiploide.

Un rarissimo ed elegante caso di riproduzione è rappresentato dal cavalluccio marino, o ippocampo in cui è il maschio a partorire i piccoli tramite contrazioni addominali simili a un parto. La femmina depone le uova in una sacca posta sul ventre del maschio, e questi le cova, nutrendole fino alla schiusa. Sono animali monogami e ogni giorno all'alba compiono una danza sul fondale marino in cui intrecciano le code e cambiano anche colore.



Figura 1: *Ippocampi*

Il biologo americano Bruce H. Lipton, tramite studi su cellule enucleate, ha identificato il vero cervello della cellula nella membrana e non nel nucleo (dove risiede il materiale genetico) come si è sempre creduto. I geni seguono le influenze derivate dall'esterno e chi comanda (fisicamente) il passaggio delle informazioni è proprio la membrana adattandosi dinamicamente ad un ambiente in perpetuo cambiamento. Questo conferma la tesi precedentemente sviluppata da Lamarck secondo cui gli organismi, così come si presentavano, fossero il risultato di un processo graduale di modificazione che avveniva sotto la pressione delle condizioni ambientali [4].

In particolare Lipton si è soffermato sullo studio dell'epigenetica, ovvero la scienza che mostra come i geni non si autocontrollino, ma siano controllati dall'ambiente, cestinando dunque qualsiasi forma di determinismo genetico. Quando una femmina finisce in un territorio nuovo e inesplorato, dove non ci sono maschi per avviare la riproduzione, il modo migliore per coloniz-

zare il nuovo ambiente è proprio attraverso un esercito di cloni. Probabilmente è stata proprio una situazione di emergenza come questa a far diventare la partenogenesi una strategia vincente per alcune specie, da applicare al momento opportuno e dunque facoltativa.



Figura 2: *Bacillus rossius*

Il caso più noto in Italia è quello degli insetti steco della specie *Bacillus rossius*, che in alcune regioni si riproducono solo per partenogenesi mentre in altre avviano la normale riproduzione sessuale. Quando queste femmine vengono isolate dai maschi iniziano a riprodursi da sole. È ciò che è successo anche con una femmina di squalo zebra (*Stegostoma fasciatum*) che ha partorito tre piccoli in un acquario del Queensland, dopo essere stata separata dal maschio con il quale si riproduceva anni prima. Il fenomeno è stato osservato anche in altri squali e nei pesci sega. La partenogenesi facoltativa viene sfruttata in modo brillante anche dagli insetti imenotteri come formiche e api [5].

Gli esempi che abbiamo mostrato indicano che non sempre l'origine di un nuovo individuo sia da attribuire ad una riproduzione di tipo sessuale, ma a volte si verificano fenomeni quali i suddetti precedentemente che, anche grazie all'influenza dell'ambiente circostante, provocano il proseguimento della specie.



[1] J.B. LAMARK: *Philosophie zoologique*. Musée d'histoire naturelle (Jardin des plantes), Paris (1809).

[2] G. H. HARDY: "Mendelian proportions in a mixed population", *Science* 28 (1908) 49-50.

[3] D. Penny, *Epigenetics, Darwin and Lamarck*, 29 maggio 2015. Tratto nel mese di giugno 2019 da: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4494054/>

[4] B. Stahura, *La biologia delle credenze - Come il pensiero influenza il DNA e ogni cellula*, 2018. Tratto nel mese di giugno 2019 da: https://www.gruppomacro.com/blog/nuove-scienze/epigenetica_lipton

[5] G. Montalenti, A. Chiarugi, N. Turchi, *Partenogenesi*. Tratto nel mese di giugno 2019 da: http://www.treccani.it/enciclopedia/partenogenesi_%28Enciclopedia-Italiana%29/

Giorgia Luceri: studentessa di Scienze Biologiche, II anno