

# VALORE E LIMITI DEL PARADIGMA NEO-DARWINISTA IN BIOLOGIA E IN MEDICINA

Gianni Tamino

Docente di Biologia Università di Padova

## ■ Riassunto

Il neodarwinismo, tra gli anni '30 e '40 del secolo scorso, nella sua espressione detta anche "sintesi moderna", ha coniugato la teoria della selezione naturale con la genetica mendeliana, nel tentativo di spiegare con pochi e semplici principi l'evolversi dei viventi. Ma nel tentativo di conciliare la genetica con le osservazioni naturalistiche, sono stati trascurati altri importanti elementi.

Alla metà del Novecento la sintesi moderna diviene il paradigma unificante della biologia e solo più recentemente verranno sviluppate considerazioni e portate prove a favore di una nuova interpretazione dell'evoluzione, in particolare grazie al lavoro di S. J. Gould. ■

## ■ Parole chiave

Evoluzione, neodarwinismo, riduzionismo, epigenesi ■

## Introduzione

Il neodarwinismo, sviluppato a partire dagli anni '30 grazie ai lavori, solo per citarne alcuni, di T. Dobzhansky, E. Mayr, G. G. Simpson, J. Huxley, W. Hamilton, G. C. Williams, J. Maynard Smith, ha trovato nuovo impulso dopo la scoperta della funzione e del ruolo del DNA e dei geni, soprattutto negli anni '60 del secolo scorso. Come spiega E. Mayr (1) la nuova teoria dell'evoluzione porta a "due conclusioni fondamentali: 1) che l'evoluzione è graduale e può essere spiegata in termini di piccoli cambiamenti genetici e di ricombinazione e in termini di riordinamento di questa variazione genetica da parte della selezione naturale; e 2) che... è possibile

spiegare tutti i fenomeni evolutivi in modo coerente sia con i meccanismi genetici, sia con le prove di tipo osservativo raccolte dai naturalisti."

In sintesi, gli aspetti fondamentali della teoria sintetica possono essere così riassunti:

- \* Nascono più individui di quanti ne possano sopravvivere;
- \* La variabilità individuale è frutto delle mutazioni che, attraverso ricombinazioni alleliche, interazioni geniche e crossing-over, arricchiscono il campionario dei diversi aspetti che ogni carattere può assumere;
- \* La selezione naturale conserva le mutazioni "vantaggiose", i cui portatori aumenteranno di frequenza da una generazione all'altra, ed elimina più o meno rapidamente quelle "svantaggiose".

Su queste basi la selezione naturale avrebbe modellato il maggior numero delle parti anatomiche e dei comportamenti per specifiche funzioni, secondo una logica adattativa.

Il neodarwinismo tende così a scomporre l'organismo nei suoi tratti unitari (corrispondenti a geni o gruppi di geni), considerati indipendenti e frutto di una selezione adattativa. Si tratta di un'operazione tipica del paradigma scientifico, allora dominante, cioè il paradigma riduzionista. ■

## Dal riduzionismo determinista alla visione di complessità

Il riduzionismo nasce da un'esigenza reale: quella di semplificare, scomporre, analizzare la realtà complessa riducendola in ciò che è più sem-

plice, vale a dire nelle sue componenti essenziali. Ma si pone un problema quando le conoscenze parziali, acquisite attraverso questo metodo, vengono considerate sufficienti per spiegare ogni aspetto dell'insieme scomposto. In buona sostanza, non sempre, partendo da alcuni elementi di un sistema, si possono far derivare tutte le successive proprietà attraverso una costruzione razionale, matematica. Non si può eludere la necessità di andare a verificare se la somma delle proprietà di ogni singola parte corrisponda davvero alla realtà che si cerca di descrivere. Quando ciò non accade e si interpreta un sistema complesso come la somma delle proprietà che derivano dalla conoscenza delle singole parti che lo compongono, si compie un errore metodologico. Ad esempio, se si scompone un organismo vivente in tutte le sue parti, a differenza di quanto avviene con una macchina, non riusciremo a ricomporre di nuovo quel vivente: avremo tutt'al più un organismo morto. In altre parole possiamo dire che gli organismi viventi, pur rispettando le leggi della fisica e della chimica, raggiungono un livello organizzativo e funzionale specifico, ad alta complessità, non spiegabile solo con la conoscenza delle proprietà dei componenti più semplici. Ciò non significa immaginare qualche 'spirito vitale', come vorrebbero i vitalisti, ma semplicemente ammettere che la materia vivente è un particolare stato della materia. In biologia, quando nuove proprietà derivano dal livello di organizzazione, cioè dalla relazione e non dalla somma

delle parti, si parla di "proprietà emergenti". Che in qualche modo i sistemi complessi, costituiti da parti più semplici e in relazione tra loro, possiedano delle proprietà emergenti, non è un'acquisizione esclusiva della biologia (o della neurobiologia o della psicologia, ambiti nei quali è più facile capire o immaginare tali proprietà): gli stessi fisici, infatti, ritengono che le relazioni tra le parti di un medesimo sistema possano essere fonte di nuove proprietà "emergenti" (2).

I biologi sono certamente più portati a una visione non riduzionista della realtà, e un eminente biologo come Marcello Buiatti, nel suo libro "Lo stato vivente della materia" (3), spiega come, a mano a mano che la materia si organizza assumendo una struttura più complessa, emergono inevitabilmente proprietà che dipendono dai nuovi livelli di organizzazione: la materia vivente, dunque, arriva ad acquisire proprietà non deducibili dalle caratteristiche della materia non vivente.

A partire dal riduzionismo biologico si approda spesso al determinismo genetico, per cui ogni carattere di un organismo vivente è determinato solo da un gene. Spesso, infatti, si sente dire che ogni nostro carattere fisico, fisiologico o comportamentale è predeterminato dai nostri geni e i titoli sui giornali si sprecano: "Scoperto il gene dell'intelligenza", "trovato il gene dell'omosessualità", sono alcuni tra i titoli più clamorosi. E. O. Wilson nel suo libro "Sociobiologia. La nuova sintesi" (4) ritiene che i comportamenti dell'uomo siano tutti spiegabili sulla base di geni che, determinando un particolare comportamento, conferiscono a chi li ha un valore adattativo, aumentando la probabilità di avere una prole numerosa e forte (anche se risulta difficile spiegare l'omosessualità in quest'ottica, anziché come scelta).

Ma come spiega S. J. Gould nel saggio del 1987 "Il sorriso del fenicottero" (5): "La grande maggioranza dei biologi sostiene che la vita, come risultato della propria complessità strutturale e funzionale, non può essere risolta nei suoi costituenti chimici e spiegata nella sua interezza da leggi fisiche e chimiche, che operano a livello molecolare. Ma nega in modo altrettanto stre-

nuo che l'insuccesso del riduzionismo indichi una qualsiasi proprietà mistica della vita, una qualche scintilla speciale che sia inerente alla vita soltanto. La vita acquisisce i propri principi dalla struttura gerarchica della natura. Man mano che i livelli di complessità salgono lungo la gerarchia dell'atomo, della molecola, del gene, della cellula, del tessuto, dell'organismo e della popolazione, compaiono nuove proprietà, come risultato di interazioni e di interconnessioni che emergono ad ogni nuovo livello. Un livello superiore non può essere interamente spiegato separando gli elementi che lo compongono e interpretando le loro proprietà, in assenza delle interazioni che uniscono quegli elementi." ■

## Sviluppo e limiti del neodarwinismo

Il neodarwinismo ha avuto un importante sviluppo grazie a Richard Dawkins (6), secondo il quale l'unità su cui agisce la selezione naturale è il gene. Dawkins arriva ad includere nella teoria anche sistemi non biologici nei quali si possa riscontrare una selezione del "più adatto", come nelle culture umane, dove introduce il concetto di meme, quale analogo del gene. Una posizione simile è sviluppata anche nella sociobiologia, fondata da E. O. Wilson (4), che utilizza il modello neodarwiniano per indagare il comportamento degli esseri umani. Queste teorie hanno favorito, però, posizioni pericolose, come il "neodarwinismo sociale", in base al quale nella società si affermerà il più forte, il più adatto, in altre parole "il migliore".

In questa visione riduzionista, come già detto, l'organismo viene direttamente o indirettamente considerato scomponibile in una molteplicità di tratti unitari (corrispondenti a geni o gruppi di geni), pressoché indipendenti, e ciascun tratto è potenzialmente ottimizzabile separatamente. Alla base di questo paradigma, definito da Gould e Lewontin "programma adattamentistico", vi sarebbero, come riporta A. Volpone (7), le seguenti convinzioni:

1. Ogni organismo può essere scomposto in una molteplicità di tratti distinti (strutture, funzioni o comportamenti); di ciascuna parte è quindi

possibile ricostruire la storia adattiva (di qui la denominazione di "estra-polazionismo" o "atomismo").

2. Tutte le diverse parti organismiche sono ottimizzate mediante selezione naturale. Il solo limite all'adattamento è rappresentato dai compromessi fra domande selettive antagoniste. In questo modo anche l'imperfezione può essere considerata in qualche senso come un adattamento.

3. Variazioni di piccola entità, copiose e continue interessano ciascun tratto organismico possibile (strutture, funzioni o comportamenti) e rappresentano la base su cui agisce la selezione naturale.

4. La selezione naturale è il meccanismo predominante, se non esclusivo dell'evoluzione degli organismi. Altri meccanismi possono essere ammessi, ma vengono considerati di scarsa importanza, ininfluenti o lasciati semplicemente in disparte.

A partire dagli anni Settanta la teoria sintetica è divenuta oggetto di numerose critiche, in particolare per quanto riguarda l'ipotesi gradualista e l'idea che tutta l'evoluzione si possa spiegare solo con la selezione naturale (ciò che lo stesso Darwin non dava per certo!).

Andando in direzione radicalmente opposta a quella di Dawkins, secondo il quale è il singolo gene o un insieme limitato di geni il reale oggetto di selezione, N. Eldredge e S. J. Gould, già nel 1972 (8) avevano sviluppato l'ipotesi che la realtà biologica su cui opera l'evoluzione sia costituita da una gerarchia di livelli che va oltre i singoli organismi, comprendendo in particolare la selezione al livello delle specie. Inoltre, come aveva evidenziato M. Kimura (9), molte mutazioni sono neutrali nei confronti della selezione, ossia danno origine a cambiamenti che non migliorano né peggiorano la fitness individuale.

Sempre S. J. Gould e N. Eldredge (8), indicarono il gradualismo come fonte del "vago senso di insoddisfazione che [...] alcuni paleontologi hanno sempre provato per le premesse darwiniane secondo cui i meccanismi microevolutivi possono mettere in piedi tutto il grande spettacolo dei viventi semplicemente accumulando i risulta-



ti via via più consistenti nell'enormità dei tempi geologici".

Le conseguenze paleontologiche del gradualismo, cioè che la documentazione fossile sia una lunga sequenza di forme intermedie continue e caratterizzate da gradazioni insensibili e che tali forme di transizione siano dovute alle imperfezioni della documentazione fossile, rendono virtualmente infalsificabile la teoria dell'evoluzione: ogni vuoto può essere giustificato.

La teoria viene quindi esposta a critiche scientifiche ed epistemologiche, poiché aggiunge all'idea della selezione naturale un'ipotesi non testabile puramente interpretativa. La proposta alternativa dei due paleontologi fu la cosiddetta teoria degli equilibri punteggiati. Secondo questa ipotesi, l'evoluzione delle specie sarebbe caratterizzata da lunghi periodi di equilibrio, interrotti da brevi ma intensi periodi di cambiamento evolutivo. Secondo i due studiosi, l'evoluzione potrebbe essere stata caratterizzata da periodi di stabilità punteggiati da improvvisi squilibri durante i quali avrebbero potuto apparire nuove specie.

Ancora Gould (10) spiega perché la selezione naturale non è di per sé sufficiente a spiegare il cambiamento evolutivo. In primo luogo vi sono molte altre cause che influiscono su di esso, particolarmente ai livelli di organizzazione biologica che sono sia al di sopra sia al di sotto di quello su cui si è tradizionalmente concentrato Darwin e che riguarda gli organismi e la loro lotta per conseguire il successo riproduttivo. Al livello più basso, che è quello della sostituzione delle singole coppie di basi del DNA, il cambiamento è spesso, di fatto, neutro e quindi casuale. Ai livelli più alti, che interessano intere specie o faune, l'equilibrio intermittente (o punteggiato) può produrre tendenze evolutive mediante una selezione di specie basata sulla velocità di comparsa e di estinzione di queste ultime, mentre le estinzioni in massa spazzano via porzioni considerevoli di comunità vegetali e animali per ragioni che non hanno relazione alcuna con le lotte adattative che le singole specie intraprendono nei periodi "normali" intercorrenti tra l'uno e l'altro di questi eventi.

In secondo luogo, benché la teoria

della selezione naturale rappresenti un quadro di riferimento importante per spiegare la storia del cambiamento evolutivo (nessun aspetto di questa storia può essere in contrasto con una buona teoria e considerazioni teoriche possono consentire di prevedere certi aspetti generali del quadro geologico in cui si inserisce la vita), i suoi principi non devono essere considerati come le cause determinanti dell'effettivo corso degli eventi evolutivi.

Le catene e le reti di eventi sono così complesse, così zeppe di elementi casuali e caotici, così irripetibili nel loro includere una simile moltitudine di oggetti unici (e interagenti in modo unico), che per esse non possono valere i modelli standard della semplice previsione e duplicazione.

In particolare non tutte le caratteristiche di un organismo sono necessariamente adattamenti, come spiegano S.J. Gould e R. Lewontin (11): gli organismi, sulla base di strutture precedenti, non sempre utili, cercano di adattarsi, al variare dell'ambiente, alle nuove condizioni. Se le condizioni sono stabili, tendenzialmente non ci sono cambiamenti, ma quando l'ambiente cambia assistiamo a rapide evoluzioni, per adattarsi all'ambiente. ■

## Neodarwinismo in medicina

**A**l neodarwinismo è collegata l'ipotesi dell'origine genetica delle malattie, in base al cosiddetto dogma centrale della Biologia (secondo il quale ad ogni gene, per il tramite di un RNA, corrisponde una proteina, alla quale corrisponderebbe una precisa funzione), ma la stragrande maggioranza delle malattie è polifattoriale e solo una piccola parte delle malattie sono monogenetiche, quindi curabili geneticamente. Ma si deve soprattutto a R. M. Nesse e G. C. Williams (12) la teoria evoluzionista della medicina; applicando il riduzionismo neodarwinista alla medicina, hanno infatti elaborato una teoria secondo cui, come spiega F. Zampieri (13), ogni caratteristica organica è riconducibile ad un adattamento, come sua manifestazione diretta o come un suo costo o come una manifestazione incidentale del processo. Va ricordato che G. C. Williams è noto fra gli evoluzionisti

soprattutto come autore di *Adaptation and Natural Selection* (14), un testo riconducibile all'ultradarwinismo, secondo cui la selezione naturale è in grado di spiegare qualsiasi adattamento dell'organismo e la selezione agisce solo sul gene.

In base a questa teoria anche le malattie sono – appunto – manifestazioni dirette di un adattamento. Obiettivo della medicina evoluzionistica è anche scomporre, in una logica tipicamente riduzionista, la manifestazione morbosa in diversi elementi, in modo da avere una visione della malattia più precisa ed un trattamento più efficace. "Tutto ciò si fonda su una convinzione antropologica di base, spiega Zampieri: l'organismo umano è una macchina nello stesso tempo perfetta e difettosa, proprio in quanto prodotto di una storia evolutiva priva di fini precostituiti, ed esso si è sviluppato e si è adattato in un ambiente antico, la savana del Pleistocene, che oggigiorno non esiste più, e questa discrepanza è la causa di molte malattie, quali l'obesità e le disfunzioni cardiovascolari." Ma una vera medicina evoluzionistica sembra possibile solo con l'abbandono dei paradigmi classici del neodarwinismo. Come spiega Zampieri, "i medici darwiniani si devono fondare non su un fondamentalismo evolutivo, ripetendo lo stesso tipo di errore delle generazioni di medici precedenti, che si fondavano su una concezione di scienza fondamentalisticamente agganciata ai concetti fisico-chimici classici, alle leggi, alle previsioni, al trattamento matematico. Il medico evoluzionista, proprio per il suo essere tale, deve avere una concezione pluralistica della scienza e dell'evoluzione, altrimenti non potrà, come vorrebbe, afferrare la sfuggente natura della vita e della malattia.... il rapporto fra malattia ed evoluzione è uno dei più complessi e interessanti di tutta la storia della vita, e non può avere un approccio semplicistico." ■

## Evoluzione: la relazione tra genetica ed epigenetica

**D**i solito usiamo il termine "vita" per indicare due fenomeni diversi, benché intuitivamente collegati: la "vita" di un organismo, che va dalla sua nascita alla sua morte (quin-

di in senso "epigenetico"), e la "vita" come fenomeno globale degli organismi viventi, che va dalla nascita del primo organismo vivente fino alla morte dell'ultimo (quindi in senso "filogenetico", evolutivo).

La relazione "genoma - sviluppo - evoluzione" costituisce il paradigma concettuale che cerca di spiegare lo sviluppo e l'evoluzione dei viventi. Negli anni '80, su tale paradigma, è stata formalizzata la biologia evolutiva dello sviluppo, nota con l'acronimo EVO - DEVO (Evolutionary Developmental Biology). Questo paradigma è stato, però, spesso interpretato in un'ottica determinista, in base alla quale il genoma determina il fenotipo attraverso i processi di sviluppo (DEVO), mentre la selezione naturale determina quali fenotipi trasmetteranno il loro genoma alle generazioni successive (EVO). In realtà oggi sappiamo che l'ontogenesi di un individuo è ben più complessa, mentre lo studio dell'epigenetica ha messo in luce che le modificazioni non genetiche che si possono subire durante lo sviluppo individuale, possono influenzare anche le generazioni future.

Sono passati oltre 50 anni da quando Watson e Crick hanno illustrato la struttura della doppia elica del DNA. Questa scoperta, insieme alla diffusione sempre maggiore della teoria dell'evoluzione di Darwin e delle leggi di Mendel, ha contribuito a rendere molto popolare l'idea che il DNA codifica le varie caratteristiche ereditarie. A questa popolarità contribuì anche l'ipotesi già citata del "dogma centrale della biologia", secondo la quale, in una visione determinista, come ad esempio esposta da J. Monod, dato un particolare DNA, l'organismo può assumere una ed una sola "configurazione": il DNA, pertanto, è stabile ed assume la natura di un progetto quasi senza errori. Questa visione, come spiega M. Buiatti (15), "ha determinato, a livello concettuale, una netta vittoria della concezione preformista su quella epigenetica. In realtà, basandosi sui dati della Biologia contemporanea, si è visto che il genoma permet-

te un forte livello di ambiguità, in relazione al numero e alle probabilità delle conformazioni che un organismo, con uno specifico DNA, può assumere. I principali meccanismi di ambiguità sono stati scoperti nella seconda metà del novecento ed individuati nei "trasposoni", successivamente il sequenziamento dei genomi, ed in particolare di quello umano, ha evidenziato che solo 1,4% del nostro genoma è rappresentato da geni." Va inoltre chiarito che, di per sé, un frammento di DNA non ha informazione né per la sua duplicazione né per la sintesi proteica, ma ha bisogno di un contesto in cui questo si realizzi. Se anche avessimo la descrizione completa del codice genetico di un organismo, non saremmo ancora in grado di dedurre come l'organismo è fatto: occorrono interventi epigenetici, che trasformino il genotipo (informazione genetica) in fenotipo (l'organismo), fenomeno che può essere visto come una serie di istruzioni logiche che danno luogo a reazioni chimiche. In altre parole l'informazione emerge dal contesto delle relazioni e non è una proprietà intrinseca del singolo elemento chimico, come si deduce, invece, dalla logica del dogma centrale. Ci si sta sempre più rendendo conto che il programma genetico non potrebbe estrinsecarsi senza gli strumenti epigenetici in grado di renderlo manifesto. Molti scienziati stanno cercando di scoprire come funzionano i nostri geni e sembra che il loro comportamento possa cambiare radicalmente da una generazione all'altra, anche senza alterazioni della sequenza del DNA. ■

## Conclusioni

Come spiega A. Volpone (7), lo sviluppo degli organismi, specie quelli superiori, è estremamente complesso. A partire da un solo ovulo fecondato, miliardi di cellule vengono opportunamente generate e organizzate in gruppi diversi per struttura e funzione, in tessuti, organi, ecc. Il processo è delicato e altamente conservativo. Da ciò non può che risulta-

re fortemente limitato il potere della selezione naturale di modellare singoli caratteri degli organismi, separatamente l'uno dall'altro. ■

## ■ Bibliografia

1. Mayr E., Storia del pensiero biologico. Diversità, evoluzione, eredità, Bollati Boringhieri, Torino, (1990).
2. Laughlin R., Un universo diverso,
3. Buiatti M. Lo stato vivente della materia, UTET, Torino, 2000
4. Wilson E. O. Sociobiologia. La nuova sintesi, Zanichelli, Bologna, 1979
5. Gould S. J. Il sorriso del fenicottero, Feltrinelli, Milano, 1987
6. Dawkins R. Il gene egoista, Zanichelli, Bologna, 1979
7. Volpone A, Il post-darwinismo e la transizione evolutiva. Nota introduttiva alla traduzione italiana di The spandrels di Gould e Lewontin, Quaderno SWIF di Storia della Scienza, Edizioni digitali, ISSN 1126-4780, 2002, disponibile sul sito: [http://www.swif.uniba.it/lei/storiasc/diffusione/pennacchi/intro\\_pennacchi.htm](http://www.swif.uniba.it/lei/storiasc/diffusione/pennacchi/intro_pennacchi.htm)
8. N. Eldredge e S.J. Gould, Punctuated equilibria. An alternative to phyletic gradualism. Models in paleobiology, T.J.M. Schopf. San Francisco, Freeman Cooper, pp: 82-115, 1972.
9. Kimura M. The neutral theory of molecular evolution, University Press, Cambridge 1983.
10. Gould S.J. L'evoluzione della vita sulla Terra, Le Scienze, 1994; n.316: 65-71
11. Gould S. J. e Lewontin R. C. The spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: a critique of the adaptationist programme, Proceedings of the Royal Society of London, 1979; 581-582: 147-164.
12. Nesse R.M. and Williams G.C., The Dawn of Darwinian Medicine, "The Quarterly Review of Biology"; 1991, 66: 3-83.
13. Zampieri F., La medicina darwiniana, Systema Naturae, 2003; 5: 115 - 192
14. Williams G.C., Adaptation and natural selection: a critique of some current evolutionary thought, Princeton University Press, Princeton, 1966.
15. Buiatti M. Evoluzione biologica e i grandi problemi della biologia: Genetica, Epigenetica ed Evoluzione, nel sito <http://www.lincoi.it/centrolinceo/bioxxischeda5.html> ■

