

La teoria dell'evoluzione- Parte prima

L'argomento. Sembra semplice perché parte da premesse molto semplici.

C'è chi pensa sia sufficiente dire che la storia evolutiva è il risultato della selezione naturale sulla variazione genetica disponibile. Punto. Fine della storia.

Ma da queste premesse parte un lungo ragionamento che coinvolge molte discipline in rapida evoluzione. Paleontologia (fossili e strumenti sempre più sofisticati di datazione), genetica (DNA delle varie specie), paleoclimatalogia (ruolo chiave che hanno giocato le variazioni climatiche e i fattori ecologici), biologia evolutiva (con la scoperta di geni HOX fondamentali nella costruzione di tutti gli organismi), ci mancava l'epigenetica che sembra introdurre elementi lamarckiani nel processo evolutivo. Insomma richiede vaste competenze, ben al di là delle mie.

In un corso di base, propongo qualche lettura e riflessione, magari a qualcuno/a verrà voglia di approfondire. (sarà lui/lei a tenerci il prossimo corso).

Einstein: "Una teoria è tanto più impressionante quanto più semplici sono le sue premesse, quanto più diverse sono le cose che mette in relazione, e quanto più esteso il suo campo di applicazione"

Albert Einstein si riferiva alla termodinamica, che ha notevoli somiglianze con la teoria dell'evoluzione: parte da premesse molto semplici – le macchine termiche- e finisce col parlare delle regole del gioco, dove il gioco è tutto ciò che cambia nel tempo. Come la vita. Il tempo delle cose e il tempo della vita.

Perfino Erwin Schrödinger, padre fondatore della meccanica quantistica, si occupò della faccenda nel libro *Che cos'è la vita?* - dove spiega come sia possibile che i sistemi biologici riescano a mantenersi, almeno per un po', lontano da quello stato che gli studiosi di termodinamica trovano affascinante: lo stato di equilibrio, situazione nel quale nulla di significativo può più avvenire. Tutto ciò che è in movimento si dirige verso uno stato di equilibrio finale. Quando l'avremo raggiunto qualsiasi evoluzione sarà impossibile.

Per il momento siamo lontani dall'equilibrio finale. L'evoluzione può continuare.

Come sono organizzati gli incontri: SCHEMA

Primo incontro: In cosa consiste la rivoluzione Darwiniana- L'opera di restauro della teoria darwiniana ad opera di S.J. Gould, N.Eldredge e R.Lewontin- Equilibri punteggiati e diverse visioni di come opera la selezione naturale

Secondo incontro: L'evoluzione umana: Quando e dove si separarono le linee evolutive delle scimmie antropomorfe e di homo sapiens- Quando comparve il genere homo- L'origine degli esseri umani moderni.

Terzo incontro: L'evoluzione e la religione: implicazioni teologiche- La teoria di Darwin è un dono anche alla religione, oltre che alla scienza, come sostiene Francisco Ayala?

- Bibliografia- S. Gould sullo sfondo

T.Pievani- Ian Tattersall- F. Ayala- C. de Duve- S. Morandini

(Ayala e de Duve sono biologi di fama internazionale e credenti. Ritengo estremamente rilevante, per la nostra riflessione la presenza di scienziati che hanno affrontato la tensione tra i risultati del loro lavoro scientifico e la loro fede, cercando una risposta responsabile a questa tensione prima di tutto in un dialogo tra loro stessi.

F. Ayala, è giunto alla conclusione *"che non c'è probabilmente alcuna altra nozione in alcun campo della scienza che sia stata così estensivamente testata e così ampiamente corroborata come l'origine evolutiva degli organismi viventi"*. Il non riferirsi a fattori trascendenti, o a progetti finali, accomuna la teoria darwiniana alla totalità della scienza contemporanea.)

Questo non vuol dire che non si possa parlare di un progetto, solo che un tale discorso non può avanzare la pretesa di un riconoscimento scientifico, come se l'affermazione dell'esistenza di un progetto fosse su un piano omogeneo ad un'ipotesi scientifica.

La domanda che si pone chi si occupa di evoluzione è *come* si produce l'evoluzione non *chi la produce*.

La rivoluzione Darwiniana

22 novembre 1859: l'editore John Murray dà alle stampe 1250 copie dell'*Origine delle specie per mezzo della selezione naturale*, nella quale vengono affermati due principi: quello dell'unicità del vivente, non più diviso in specie immutabili, e quello della variabilità delle specie sotto l'azione del filtro della selezione naturale. Per cui le specie hanno una origine diversa l'una dall'altra. Da queste semplici premesse si sviluppa un ampio programma di ricerca riassunto nel termine Teoria "darwiniana dell'evoluzione".

Teoria che, dopo Darwin, ha subito enormi sviluppi, sia teorici che sperimentali, ed è stata oggetto di profonde discussioni, di divergenze e nuovi contributi. Cosa vuol dire allora che la teoria dell'evoluzione ha una impronta darwiniana. Vuol dire che è rimasto centrale il grande tentativo di Darwin: spiegare con un meccanismo naturale ciò che a prima vista appare come un "disegno degli organismi viventi".

Un disegno c'è, si vede, (o crediamo di vedere, si vedeva anche il sole che da oriente va ad occidente, ma poi chi lo riporta indietro?) ma a cosa è dovuto? Se rimaniamo nell'ambito naturale dobbiamo ricercare processi naturali governati da leggi naturali, e forse alla *fine luce si farà sull'origine dell'uomo*.

Questa è l'idea che da Darwin non è più cambiata: *tutti gli esseri viventi sono legati tra loro da relazioni di parentela. A partire da un antenato comune si è sviluppata una grande varietà di specie in virtù di meccanismi naturali*.

Poi, molto è cambiato da Darwin, e non poteva essere altrimenti se consideriamo che Darwin aveva idee sbagliate sul meccanismo che trasmette l'ereditarietà, che pure era un punto chiave su cui si reggeva la sua teoria. Le numerosissime innovazioni introdotte rispetto a Darwin non sono alternative alla sua prospettiva; non intaccano il nocciolo del suo progetto di ricerca, ma ne sottopongono a revisione alcuni aspetti, allargando la sua capacità esplicativa

DARWIN

Noi sappiamo ben poco di come si sia originata la vita, e non sappiamo molto di come siano andate le cose fino all'esplosione del cambriano, quando si sono formate le principali linee di animali pluricellulari. Da quel punto in poi possiamo essere più precisi e seguire gli eventi evolutivi più rilevanti che hanno portato alla comparsa di classi, famiglie e specie, che vediamo anche oggi. La vita esiste da 3,5 miliardi di anni, ma è solo negli ultimi 600 milioni di anni che sono nate le formiche, le balene, i leoni e noi.

La prima grande ipotesi di trasformazione del vivente è quella di Lamarck alla fine del '700.

Ma è con Darwin che la situazione sembra drammaticizzarsi di colpo.

Darwin quando era studente a Cambridge aveva studiato attentamente le opere di teologia naturale del Rev. Wiliam Paley. Lo ammirava molto.

L'argomento del disegno di Paley è nella sostanza quello che viene riproposto anche oggi:

"Se camminando per una brughiera noi incappiamo in un artefatto, per esempio un orologio di pregiata fattura, siamo portati automaticamente a ritenere, in virtù della sua forma e delle relazioni complesse fra le sue componenti, (oggi si parla di complessità irriducibile) che sia esistito un orologiaio che lo ha progettato e costruito. Sappiamo cioè che si tratta del prodotto di una attività intenzionale. Se invece inciampiamo in una pietra, siamo autorizzati a pensare che essa si trovasse lì da sempre e senza alcuna ragione particolare".

E' evidente che c'è un progetto insito nel mondo naturale, e questo prova l'esistenza del progettista. Credere in Dio, da questo punto di vista, non richiede un particolare salto nella fede. Dovrebbe essere una cosa autoevidente, a partire dall'evidenza del progetto presente nella natura.

Il fascino di Darwin per l'opera di Paley comincerà a declinare con il suo viaggio intorno al mondo. Lo colpirono in particolare i processi di transizione tra specie estinte- i grandi mammiferi fossili che lui scopre in sudamerica- e le specie attuali più affini a quelle estinte.

Darwin comincia a porsi delle domande e dubita. Come erano avvenute queste transizioni? E perché sulle isole delle Galapagos esiste tanta varietà tra un'isola e l'altra?

C'è qualcosa che non funziona, che non ha senso.

Darwin alle isole Galapagos aveva raccolto molti fringuelli e senza porsi troppi problemi li aveva messi tutti insieme con un cartellino: “*Galapagos Islands*” per tutti.

Sbagliare l’etichettatura dei reperti è un errore da principianti. Infatti tornato in Inghilterra, qualcuno notò che i fringuelli non erano proprio tutti uguali. Toccò all’ornitologo John Gould classificarli, ed alla fine salta fuori che ogni isoletta dell’arcipelago ha una specie di fringuelli. Le differenze, peraltro, sono molto lievi, riguardano p.es. le spesse del becco.

Che Dio sia così giocherellone da voler popolare isole assolutamente identiche con specie di fringuelli solo leggermente diverse l’una dall’altra? Le specie vegetali delle isole sono assolutamente identiche, i fringuelli invece no.

Non potrebbe esistere una spiegazione naturale più semplice di quella che invoca l’intervento di un Dio giocherellone oltre che creatore?

Anche perché c’è di peggio, per così dire, dei fringuelli.

Darwin si chiese anche come può un Dio creatore aver lavorato in maniera così poco efficiente da creare specie il cui unico destino era l’estinzione (il 99% delle specie apparse sul pianeta), per sostituirle con altre del tutto simili?

Poi ci sono gli imenotteri, che sono insetti teologicamente significativi, ed i Coleotteri, che sono un ordine di insetti, con un numero sterminato di specie, forse più di un milione, raggruppati in 20 superfamiglie e 1666 famiglie, costituiscono il più grande raggruppamento sistematico tra tutti gli organismi viventi sul pianeta, vegetali compresi.

Secondo alcuni il numero di specie compreso nell’Ordine dei Coleotteri sarebbe superiore al numero di tutte le altre specie animali.

Perché mai Dio avrebbe dovuto creare uno sterminato numero di specie di coleotteri? Ognuna è un distinto atto creativo di Dio (la Creazione separata è ciò che per Darwin non funziona)?

John B.S. Haldane, fu un biologo il cui contributo scientifico più importante riguarda le teorie evolutive e la genetica di popolazione. Una volta gli fu chiesto quale fosse una caratteristica di Dio: una passione sconfinata per i coleotteri.

Non è degno di Dio immaginarlo alle prese con la creazione di tutti gli infimi dettagli della natura. Possibile che non ci sia un meccanismo naturale che non richieda l’intervento di Dio per ognuno di questi dettagli? In fin dei conti era già successo in astronomia, quando la scoperta della legge di gravitazione non aveva più reso necessario credere che Dio ordinasse il moto ed il destino di ciascun corpo celeste.

L’idea decisiva gli viene leggendo le opere di Thomas Malthus sul rapporto tra l’incremento geometrico delle popolazioni e quello aritmetico delle risorse disponibili. In natura le piante e gli animali producono più discendenza di quella che può sopravvivere. Le popolazioni lasciate a se stesse crescerebbero in modo esponenziale, mentre in realtà sono quasi sempre stabili: ciò avviene perché vi è una lotta per l’esistenza e molti non sopravvivono.

L’idea di “lotta per l’esistenza”, era il meccanismo causale che gli serviva per raggiungere lo scopo: un disegno che fosse opera di un meccanismo naturale e non di un disegnatore sovrannaturale.

Poi chiamerà questo meccanismo *selezione naturale*.

Nei primi otto capitoli della sua opera, Darwin spiega in che modo la selezione naturale produca adattamenti che susseguendosi attraverso innumerevoli generazioni danno luogo a ciò che sembra la conseguenza di un “piano” originario.

Gli allevatori in pochi anni sono capaci di selezionare, in una specie, i caratteri desiderati, così in natura la pressione selettiva prende il posto dell’allevatore favorendo la sopravvivenza e la riproduzione dei portatori di variazioni vantaggiose.

Non c’è nessuna *complessità irriducibile* che emerge all’improvviso nella sua forma completa. La selezione trasforma le specie in maniera incessante attraverso migliaia di generazioni, in maniera impercettibile ma continua. Ciò di cui ha bisogno sono soltanto tre elementi: sorgenti di variazione, azione selettiva e eredità dei tratti.

Si tratta di un meccanismo naturale che agisce automaticamente su basi statistiche- a tentoni tra grandi numeri- e non richiede alcun progetto o causa finale. Gli organismi si adattano ad ambienti

diversi, le condizioni ambientali, a loro volta, cambiano costantemente nel tempo. L'evoluzione è la conseguenza.

Darwin si rende conto che aver introdotto un meccanismo naturale là dove si era sempre visto un disegno che rimandava all'esistenza di Dio, avrebbe provocato reazioni durissime e ci mise venti anni prima di pubblicare le idee che aveva in mente, e si decide solo quando riceve un manoscritto dall'arcipelago malese dal naturalista Alfred Russel Wallace che era giunto a conclusioni analoghe alle sue. I taccuini di Darwin testimoniano chiaramente la sua priorità sull'idea di selezione naturale. Tuttavia Darwin presenterà in contemporanea il manoscritto di Wallace che viene così considerato il co-scopritore della teoria.

Caratteristiche di questa visione

evoluzione come cambiamento continuo

Questa concezione possiamo prenderla come esempio tipico di come la scienza sia sempre un mixto di fatti, di idee nuove, ma anche di condizionamenti dell'ambiente culturale in cui si è inseriti. I "fatti" della natura non ci si presentano integri e oggettivi, ma devono essere inseriti nelle costruzioni teoriche per trovare un senso. In altri termini i fatti non hanno un'esistenza indipendente nella scienza né in alcuna attività umana. Il caso di Darwin è emblematico del rapporto stretto che intercorre tra l'interpretazione delle osservazioni compiute dagli scienziati e le metafore che popolano i loro pensieri.

Darwin concepiva come un fatto certo l'andamento dell'evoluzione come un processo graduale di fasi ordinate, che procedeva a ritmo costante. Egli aveva fatto proprio il motto di Linneo: *Natura non facit saltus* (la natura non fa balzi), e su di esso costruì interamente la sua teoria.

In realtà Darwin non aveva nessun dato empirico che lo confermasse, il gradualismo faceva parte della sua precomprensione della realtà. Lui "sapeva" a priori che doveva essere vero.

In questa visione è cruciale il collegamento tra selezione naturale e l'impercettibilità delle forme di transizione: le specie non possono fare a meno di cambiare nel corso del tempo, in modo continuo, accumulando piccoli cambiamenti, finché si può dire che una nuova specie si è evoluta da un suo progenitore. (macroevoluzione come estrappolazione della microevoluzione).

La convinzione di Darwin dell'estrema lentezza e uniformità del cambiamento può essere vista come la fonte principale dei suoi errori:

Così riassume con la sua caratteristica onestà, Darwin a pag. 342:

"Tutte queste cause prese insieme devono aver contribuito a rendere estremamente imperfetta la distribuzione geologica e spiegano abbastanza bene perché non troviamo una infinita catena di varietà che colleghi, attraverso una serie di passaggi minutissimi, le forme di vita estinte con quelle attuali. Chi respinge queste vedute sulla natura della documentazione geologica, giustamente dovrà respingere anche la mia teoria".

In un'altra memorabile affermazione scritta nell'*Origine delle specie*, Darwin riconobbe di aver compreso quanto fossero incompleti i dati geologici che minacciavano di confutare il gradualismo che egli "sapeva" essere vero:

•
"Tuttavia ammetto che non avrei mai sospettato che misera testimonianza dei cambiamenti delle forme di vita la sezione geologica meglio conservata presentasse"

misera testimonianza letta a priori come segno dell'inadeguatezza del dato empirico. Anche dopo Darwin.

Si tratta di "Un influsso profondamente radicato nel pensiero occidentale ci predisponde a ricercare la continuità e il cambiamento graduale," dice Gould.

Tuttavia questo limite non è in contraddizione con il principio della selezione naturale.

Fin dall'inizio alcuni commentatori ebbero l'impressione che Darwin avesse posto un'enfasi esagerata sulla continuità dell'evoluzione:

vi siete caricato di una difficoltà superflua adottando natura non facit saltus in maniera così incondizionata gli scrisse T.H.Huxley, il famoso mastino di Darwin.

In ogni caso, la continuità intesa come trasformazione graduale di intere specie nel corso del tempo geologico costituì *l'ortodossia darwiniana* fin dagli inizi.

Evoluzione opportunistica

La selezione naturale non lavora in base ad un progetto che sia in qualche modo prestabilito. La selezione naturale non è preveggente e non ha piani precostituiti che producano organismi predeterminati, quello che può fare è agire sulle variazioni presenti in una certa popolazione in un dato momento e luogo, privilegiando quelle che sono meglio adattate all'ambiente in cui vivono. In altri termini conosce solo le condizioni date, qui ed ora, e non sa nulla di ambienti futuri che potrebbero privilegiare varianti diverse da quelle preferite nel presente.

Così la selezione naturale non poteva prevedere l'impatto di un asteroide, o la formazione del Rift africano, con valli e regioni aperte che hanno consentito l'affermazione del bipedismo, evento che ha consentito che noi fossimo qui a parlare di queste cose. Capita che spesso l'ambiente cambi in maniera radicale e questo sia un ostacolo insuperabile per organismi che prima prosperavano.

Teniamolo presente. Questa regola è tuttora valida.

Si pensi, poi, alla distribuzione geografica degli animali. Ogni continente ha i propri animali e le proprie piante. In Africa vivono animali che non vivono in Sudamerica, che si trova alla stessa latitudine, e viceversa. L'Australia ha sviluppato una grande varietà di mammiferi marsupiali.

Non c'è motivo di credere che gli animali sudamericani non siano adatti a vivere in Africa. I conigli che non erano presenti in Australia si sono adattati benissimo.

Sono esempi dell'opportunismo della selezione naturale, che dipende dalla storia passata, per es. da quali organismi abbiano colonizzato per primi un certo territorio, e da altri eventi contingenti che aprono determinati percorsi evolutivi chiudendone altri.

Evoluzione imperfetta

La perfezione delle strutture, la curvatura dell'ala di un gabbiano o il mimetismo perfetto di certi animali, fanno pensare più a un progetto che a una evoluzione. La perfezione copre le tracce di una storia passata, sono le imperfezioni che documentano una storia di discendenza.

Gli anatomisti comparati analizzano le somiglianze strutturali nella struttura ossea e di altre parti anatomiche dei vari organismi.

Così è facile notare la corrispondenza osso per osso negli arti che un cavallo usa per correre, una balena per nuotare o un uomo per scrivere.

Perché le stesse ossa per compiti tanto diversi se non le avessimo ereditate tutti da un progenitore comune? Partendo da zero si sarebbero potuti progettare arti migliori, adatti ai singoli casi.

Invece ci dobbiamo accontentare di strutture corporee non perfette, sub-ottimali.

Non lo sono perché sono state modificate per essere adattate a compiti diversi a partire da una struttura ereditata da un comune antenato e non realizzate ex novo per un preciso scopo.

La selezione naturale non produce strutture "finalizzate" come fosse un ingegnere.

Le architetture animali hanno una storia, sono riconducibili a conformazioni più antiche, soggette poi all'azione della selezione naturale.

REVISIONE DA PARTE DI S.J.GOULD

L'opera di restauro all'opera darwiniana compiuta da Gould è stata quella di immettere pluralismo a vari livelli.

La prima grande proposta è stata formulata da Gould nel 1972 con Niles Eldredge, ed è la teoria degli equilibri punteggiati. Così Gould vede il senso della sua proposta:

“L'equilibrio punteggiato, a differenza di altre teorie, non nasce da nuove osservazioni, ma rende semplicemente onore alle più stabili e vecchie osservazioni paleontologiche, cioè quelle della stasi della gran parte delle specie.”

Quindi c'è una pluralità nei ritmi di cambiamento, non un lento cambiamento graduale, ma una evoluzione a scatti, cambiamenti rapidi (1% della vita della specie) seguiti da lunghe stasi- Infatti ciò che i paleontologi hanno sempre saputo, secondo Gould, è che l'osservazione centrale desumibile dalle testimonianze fossili, è l'improvvisa comparsa delle specie seguita dalla loro successiva prolungata stasi. La stasi è un fatto che richiede spiegazione. Consiglio: ripetere ogni giorno *la stasi è un dato*.

Stabilità “punteggiata” da periodi di brusco cambiamento, durante i quali le specie nascono o muoiono, come fossero individui di livello superiore. Pluralità anche nei livelli di evoluzione. Questa teoria è stata accusata di essere antidarwiniana in quanto teoria discontinuista.

Alla base della teoria c'è un meccanismo di speciazione che deve rispondere ad alcune caratteristiche, che sono garanzia quasi assoluta di punteggiatura:

- 1) le specie compaiono rapidamente su scala geologica (tipicamente in 50.000 anni) e
- 2) in piccole aree geografiche e

3) non al centro dell'area parentale genitrice,

queste condizioni spiegano perché non possiamo aspettarci di trovare una documentazione fossile che testimoni una transizione graduale, perché in genere la campionatura di fossili riguarderà la popolazione che viveva nella regione centrale, in un periodo di stabilità morfologica. La specie figlia sembrerà comparire all'improvviso quando la specie genitrice è ancora presente. L'equilibrio punteggiato richiede semplicemente che si verifichi un meccanismo di speciazione, qualunque sia la sua natura, che sia abbastanza veloce e locale tanto che su scala temporale geologica abbia l'aspetto di una punteggiatura.

il meccanismo di speciazione alla base della teoria può essere mostrato con un esempio banale.

Si immagini che una specie qualsiasi occupi un territorio costiero comprendente anche una penisola, e che un evento ecologico, per esempio il fatto che l'oceano si sollevi leggermente, faccia sì che la penisola diventi un'isola.

Allora una piccola parte di quella popolazione rimarrà isolata e non potrà più mettersi in contatto con quelli che sono rimasti sulla terraferma.

Se di nuovo l'oceano torna ad abbassarsi e la barriera scompare, può succedere che quelli rimasti sull'isola quando incontrano i parenti della terraferma non si incrocino più: la popolazione originaria si è separata in due diverse specie.

L'equilibrio punteggiato riconosce che la stragrande maggioranza delle specie compare in seguito all'isolamento geografico di una popolazione figlia con conseguente divergenza genetica (cladogenesi) e non per trasformazione di una intera popolazione ancestrale (anagenesi) lentamente e gradualmente in una nuova specie.

Lo scandalo operato da questa ipotesi è duplice.

In primo luogo l'evento che ha dato origine all'intero processo è un evento ecologico, contro l'idea che tutto avvenisse a livello genetico e da qui i cambiamenti passassero ai livelli superiori: gli organismi e le specie. (Dawkins)

Gould ed Eldredge riassunsero il loro pensiero in una metafora: *l'evoluzione è come la vita di un*

soldato, lunghissimi periodi di noia assoluta troncati da brevi periodi di terrore. Fuori metafora lunghissimi periodi di stabilità interrotti da brevi periodi durante i quali nascono nuove specie.

Nessun elemento di questa teoria è contrario alla concezione darwiniana, c'è sempre in gioco la selezione naturale e ci sono le mutazioni genetiche che si diffondono nella popolazione.

Ciò vuol dire che questa teoria non è una confutazione, ma è una integrazione alla teoria di Darwin, vi aggiunge un meccanismo in più, ed una revisione dell'idea che l'evoluzione sia lenta e graduale. In realtà l'evoluzione procede per gemmazione, il che vuol dire che nell'evoluzione si trovano specie che rimangono stabili per centinaia di milioni di anni, come i fossili viventi e molti rettili, e poi si verificano grandi esplosioni di forme, grandi diversificazioni, che danno luogo a processi a cespuglio, processi di radiazione adattativa.

L'esplosione delle specie di mammiferi dopo la scomparsa dei dinosauri è stata molto rapida. Per mettere in piedi un pipistrello, una balena o un essere umano, a partire dai piccoli toporagni che vivevano 100 milioni di anni fa, unici mammiferi tra i dinosauri, non sembra adeguata la concezione di un lentissimo sfumare di una specie in un'altra, manca il tempo.

Questa è l'idea del pluralismo evolutivo, cioè che nell'evoluzione possono succedere più cose, si hanno più fattori, più tempi in gioco.

Un altro grande contributo di Gould è quello legato al concetto di cooptazione.

L'idea di Gould è che non solo i tempi e i livelli dell'evoluzione siano molteplici, ma lo siano anche i fattori evolutivi. Nella teoria evoluzionistica classica il fattore evoluzionario è uno solo: il vantaggio adattativo.

Dogma fondamentale fino agli anni sessanta fu la quasi onnipotenza della selezione naturale nel forgiare le forme organiche e il migliore dei mondi possibili. Per ogni carattere di un organismo si proponeva una storia adattativa.

Questa idea della cooptazione è più rivoluzionaria dei due contributi precedenti.

Gould era convinto che la teoria darwiniana fosse molto più flessibile di quanto i suoi interpreti avessero poi proposto.

In questo caso lui torna a Darwin, in particolare ad un episodio del 1871 in cui Darwin risponde ad una obiezione di un creazionista inglese.

L'obiezione fatta a Darwin andava al cuore di una contraddizione che c'era nella teoria di Darwin: Dice il creazionista: se l'evoluzione procede in modo lento e graduale per opera della selezione naturale, è fondamentale che ogni passaggio evolutivo abbia una ragione adattativa, non si dà mai il caso che si sviluppi una struttura senza una ragione funzionale. Allora come si spiega l'inizio di un occhio o di un ala o di qualsiasi struttura complessa, dal momento che il 5 per cento di un occhio non serve certo per vedere?

Darwin dedica un intero paragrafo al problema dell'insufficienza della selezione naturale a spiegare l'insorgenza degli stadi incipienti di strutture complesse, argomento che è ancora il più usato dai creazionisti per spiegare perché sono contrari all'evoluzione, se non ci sono stadi intermedi la teoria dell'evoluzione non funziona.

La risposta geniale è già nel paragrafo di Darwin, risposta che verrà dimenticata per un secolo.

La risposta è duplice: la natura, dice Darwin, può cambiare funzione in corsa, si può sviluppare una struttura per una certa funzione e poi ad un certo punto il meccanismo della selezione naturale può convertire questa funzione in qualcosa che non c'entra nulla con la funzione originale.

Straordinario il saggio in cui parla della sua visita al mercato di oggetti riciclati di Nairobi, dove si vede la sua abilità di giungere ad affermazioni di grande generalità a partire da aspetti della vita apparentemente secondari. I sandali ottenuti da copertoni usati come segno di cambiamento in corsa della propria funzione.

L'errore logico più grave è quello di stabilire un'equazione tra l'origine storica e l'utilità attuale di una struttura, per cui noi sappiamo perché una struttura si sia evoluta, una volta che abbiamo compreso come funziona oggi, mentre molte, se non tutte, le strutture biologiche sono cooptate da usi precedenti diversi, non progettati in vista di funzionamenti attuali

L'occhio umano (che non è il più perfetto in natura, si pensi a quelli che vedono nel buio, o a quello del polpo che non ha il punto cieco sulla retina) non si è formato in un sol colpo, ma molte unità genetiche si sono integrate, ognuna delle quali migliorava le prestazioni di occhi preesistenti.

Proprio per l'occhio è possibile esibire una impressionante sequenza di precursori evolutivi, che disegnano una traiettoria di sviluppo assai convincente. Distinti tipi di occhi si sono evoluti in maniera indipendente almeno una quarantina di volte, anche se almeno un gene (Pax6) è di antica data ed ha svolto un ruolo nell'evoluzione di molti occhi differenti.

Così per le ali. Gli uccelli sono il ramo non estinto dei dinosauri- su questo ormai tutti i sistematici sono d'accordo- e le loro ali si possono formare in modo graduale. Prima hanno avuto una funzione di termoregolazione, poi sono state cooptate per una funzione completamente nuova, quella di conquistare un nuovo regno.

Poi Darwin aggiunge cinque righe che avrebbero cambiato la storia dell'evoluzionismo se qualcuno se ne fosse accorto.

C'è una seconda spiegazione, dice Darwin, per cui la natura è ridondante: è che la natura è imperfetta.

Non sono interessanti le forme perfette, perché le forme perfette non hanno i segni della storia. Sono interessanti le forme imperfette perché sono portatrici di tracce di storia, perché la natura è ridondante, per cui una funzione può essere assolta da più organi, o viceversa un organo può assolvere più funzioni.

In natura è allora possibile che un organo possa fare qualcosa di diverso senza che la struttura cada a pezzi, perché qualcos'altro potrà svolgere la funzione dell'organo cooptato.

Questo principio di ridondanza oggi è fondamentale per spiegare i meccanismi evoluzionistici, in particolare per spiegare alcuni passaggi cruxiali dell'evoluzione umana.

“Se ogni organo avesse una sola funzione, eseguita con perfezione, l'evoluzione non genererebbe strutture complesse, e i batteri sarebbero ancora i signori della terra. Gli organismi complessi esistono grazie all'imprecisione, alla molteplicità d'uso e alla ridondanza. (*Otto piccoli porcellini*, pag. 111)”

“Regole di struttura più profonde della selezione naturale stessa garantiscono che i caratteri complessi devono contenere in sé molte possibilità, e l'evoluzione acquista la flessibilità di cui ha bisogno grazie alla ridondanza e alla mancanza di un adattamento perfetto.

E' un dato così generale che si può applicare a qualsiasi organizzazione. Ridondanza e significati multipli sono il nostro modo di essere umano. I computer, che non hanno ridondanza, sono ben lontani dall'afferrare le nostre essenziali ambiguità. Pag. 134”

L'esempio famoso fatto da Gould è quello del pollice del panda. Con un meccanismo di *exaptation* il panda compie il miracolo evoluzionistico di convertire un orso, al vegetarianesimo forzato dal contesto ecologico.

Qual è il problema più importante di un orso che è costretto a cibarsi di bambù?: è quello di afferrare i bambù, operazione impossibile per un orso polare. Il panda riesce a compiere questo strano artificio- che Gould chiamò opportunismo evolutivo, che è una buona metafora per capire cos'è l'*exaptation*- convertendo un ossicino del polso, il sesamoide radiale, facendolo crescere in modo ipertrofico così da sviluppare un sesto dito opponibile, che permette al panda di afferrare il bambù.

Una parte dell'anatomia è stata riutilizzata in modo creativo per una funzione completamente inedita che non stava certo scritta nel destino di un orso: afferrare i bambù.

La grande polemica che costò anni di vita a Gould per difendersi dall'accusa di antidarwinismo, avvenne alla fine degli anni settanta, e Gould propone l'ipotesi dell'*exaptation* in un saggio diventato famoso anche come esempio brillante di scrittura scientifica: *I pennacchi di S.Marco ed il paradigma di Pangloss*. (il saggio si può scaricare dal sito:

<http://www.swif.uniba.it/lei/storiasc/diffusione/pennacchi/pennacchi.htm>)

Dice Gould: entrate in San Marco a Venezia, e guardate come sono stati utilizzati i pennacchi- che sono triangoli generati dall'incontro di due colonne- dagli artisti che hanno composto le parti interne per inserire meravigliose raffigurazioni degli evangelisti.

Il ragionamento degli evoluzionisti è che i pennacchi sono lì perché hanno la funzione di ospitare gli evangelisti che vi sono raffigurati. In altri termini se in natura tutto deve servire a qualcosa vuol dire che tutte le strutture hanno una funzione adattativa.

Guardiamo invece com'è andata la storia. Prima è stata fatta la cattedrale, poi si sono formati gli spazi di risulta, che sono stati utilizzati in modo opportunista per le raffigurazioni simboliche. Prima viene lo spazio di ridondanza, che all'inizio non serve a nulla, e che poi viene cooptato dalla natura per altre funzioni.

Dopo che Gould fece questa ipotesi in natura sono stati trovati molti esempi in cui l'adattamento ha prodotto strutture con effetti collaterali di ridondanza che sono stati riutilizzati.

Il genoma umano è pieno di spazi di risulta che potranno essere riutilizzati da mutazioni positive. Il tema della ridondanza è uno dei messaggi più importanti di Gould, ma anche in questo caso non c'è nulla di antidarwiniano.

il ruolo della contingenza

Ogni processo evolutivo comporta che accada un evento aleatorio.

L'evoluzione non è, come spesso si crede, un processo semplice e lineare, ma un evento disordinato in cui entrano in gioco cause e influenze diverse. La formulazione originale di Darwin era affascinante per la sua semplicità, ma la natura si rivela essere un luogo piuttosto disordinato e complicato. Sarebbe molto più semplice pensare che il mondo sia "semplice", non fosse che per una circostanza incresciosa per tutti: che non lo è. Il mondo è complicato, l'umanità pure.

Un processo, come quello evolutivo, non ha leggi prestabilite da seguire, ma ha dei vincoli, che stabiliscano ciò che non può accadere, ma tutto quello che può accadere accade.

I vincoli consentono un ampio spettro di eventi a priori, tutti ugualmente possibili, sarà un evento imprevedibile ad indirizzare il processo in una direzione piuttosto che in un'altra.

Qui si deve evitare un fraintendimento. Gould non ha mai detto che l'evoluzione è un processo casuale, così come in tutta l'opera di Darwin non c'è un solo passaggio in cui Darwin dica, come spesso si legge, che l'evoluzione è un processo casuale.

Tuttavia la teoria di Gould è qui diversa da quella di Darwin. Per Darwin i due poli dell'evoluzione sono il caso- che determina le mutazioni, che sono la materia prima dell'evoluzione- e la necessità, che opera attraverso la selezione naturale in modo deterministico producendo il cambiamento.

Per Gould, invece, l'evoluzione è un processo contingente, il che è molto diverso dal sostenere che è casuale. Un processo evoluzionario è casuale quando non si riesce a trovare nessuna regolarità o di principio causa-effetto. Nell'ignoranza delle cause si può dire che il processo è casuale. Per Gould il processo evolutivo è contingente perché è imprevedibile non perché è casuale. Il fatto interessante è che a priori non si può mai predeterminare completamente lo spazio delle soluzioni possibili. basterà cambiare di pochissimo e in un modo apparentemente privo di importanza qualche elemento del contesto e l'evoluzione imboccherà un canale radicalmente diverso.

L'evoluzione è sempre un processo imprevedibile, perché il singolo evento può deviare la traiettoria evolutiva su un sentiero inatteso. L'evoluzione è come il film della vita. C'è chi pensa che riportandola all'inizio e ripetendola si otterrebbe sempre lo stesso film, Gould pensa invece che si otterrebbero sempre film diversi.

E' questo un tema importantissimo per la teoria dell'evoluzione, sul quale litigano due correnti,

quella che privilegia l'aspetto di una legge di necessità, che condurrebbe sempre ad esiti simili, e quella che predilige una visione contingentista. Sottolineo: questa visione che non c'entra nulla con il caso, ma con il fatto che un evento la cui realizzazione comporta migliaia di passaggi estremamente improbabili, non potrebbe mai svolgersi due volte nello stesso modo, tuttavia si può sempre ricostruire in modo determinista, ma solo dopo che è accaduto.

Questo significa che il risultato dell'evoluzione non si sarebbe in nessun modo potuto specificare fin dall'inizio, ogni via che l'evoluzione avesse seguito sarebbe stata altrettanto spiegabile, ma solo a posteriori.

La contingenza rappresenta la fine dell'idea di evoluzione come progresso inevitabile e prevedibile, al suo posto c'è una storia di infinite possibilità, una sola delle quali si è realizzata, non perché fosse migliore delle altre, ma perché così è andata la storia.

In altri termini, per determinare chi sopravvive, l'essere adatto ai fini della selezione naturale non è poi così importante, a volte conta di più il caso con cui la Nera Signora maneggia la sua falce.

Spesso l'universo procede lungo percorsi casuali/contingenti come già aveva capito Qohèlet 9,11:

¹¹ Ho visto anche sotto il sole che non è degli agili la corsa, né dei forti la guerra e neppure dei sapienti il pane e degli accorti la ricchezza e nemmeno degli intelligenti il favore, perché il tempo e il caso raggiungono tutti.

Appunto. Il tempo e le circostanze hanno un peso molto forte nel dirigere gli eventi. Se un evento accidentale può cambiare il corso della storia, allora l'intero processo è imprevedibile e irripetibile, anche se a posteriori sia intelligibile. La contingenza è imparentata non con il caso, ma con ciò che noi chiamiamo storia.