

La visione darwiniana del mondo

“Nulla ha senso in biologia se non alla luce dell’evoluzione” affermò il famoso genetista Theodosius Dobzhansky. Senza alcun dubbio, se oggi possiamo capire la vita sulla Terra è solo grazie a Charles Darwin che, nel 1859, pubblicò “L’origine delle specie”, il libro che più di tutti ha modificato la nostra visione del mondo e quindi della vita. Centocinquant’anni dopo quel libro e duecento anni dopo la nascita di Darwin, il suo pensiero è ancora oggi il fondamento stesso della biologia.

Ma, proprio per questo, qualcuno dei lettori abbagliato da tanta importanza e senza conoscere i dettagli della storia della scienza, potrebbe essere tentato di chiedersi “Come era possibile per uno scienziato capire il mondo prima di Darwin?”. Eppure, prima di Darwin, il mondo sembrava molto diverso poiché le spiegazioni di questo erano diverse. Attenzione, “sembrava” diverso, infatti il mondo non “era” diverso, solo non lo si capiva a fondo. Questo era possibile perché i fatti del mondo non “comunicano” direttamente con noi esseri umani. Ci possono “dare” delle indicazioni, specialmente se si confermano uno con l’altro, ma sta a noi elaborare prima delle ipotesi e quindi delle teorie che spieghino i fatti e li leghino in un insieme coerente. In poche parole, gli scienziati non fanno altro che inventare scenari, dei mondi, in cui le cose potrebbero andare in un certo modo, e poi, con esperimenti capire se queste spiegazioni reggano il confronto con la realtà.

E così anche noi, per capire quanto Darwin abbia fatto per la comprensione del nostro mondo, possiamo fare un esperimento intellettuale. Immaginate due mondi, due mondi possibili almeno in teoria, due mondi che possono essere messi a confronto. In apparenza questi due mondi sono molto simili, ma capendo le cose a fondo, le differenze tra questi sono radicali e condizionano tutto ciò che sono. Fatto sta, però, che sappiamo esistere solo uno di questi due mondi, ed è proprio il mondo che abbiamo sotto gli occhi ogni giorno, la Terra. D’ora in poi, quindi, questo che state leggendo, sarà un esperimento intellettuale, la cui conferma si trova intorno a noi, nella realtà. La sfida è lanciata al lettore: starà a lui riconoscere quale sia il mondo reale e quale no. Il riconoscerlo sarà possibile solo a coloro la cui visione del mondo può essere giustamente aderente a ciò che è, cioè una visione del mondo darwiniana.

Ma partiamo dai due mondi possibili, che chiameremo Mondo 1 e Mondo 2 e vediamo come essi siano fatti. Entrambi sono strani mondi, ma in modo opposto. Per aiutarci in questo esperimento intellettuale, ci concentreremo sullo studio della vita di una specie in particolare, un animale che abita l’Africa di entrambi i mondi. Prendiamo, come esempio, la giraffa. La giraffa è un mammifero, cioè un vertebrato che allatta la prole una volta nata. In particolare è un mammifero placentato: alcuni mammiferi, i marsupiali, concludono lo sviluppo embrionale nel marsupio, altri ancora, come l’ornitorinco e l’echidna, depongono le uova. La giraffa invece, come noi esseri umani, presenta uno sviluppo embrionale che avviene del tutto all’interno del corpo della madre, nutrito dalla placenta. La giraffa presenta anche una colorazione adatta all’ambiente in cui vive, la savana: le sue macchie marroni su sfondo giallognolo le permettono di essere più difficilmente visibile ai predatori, quali il leone o il leopardo, che scrutano l’orizzonte, acquattati lontano, da qualche parte tra l’erba alta. Il collo della giraffa è un altro adattamento, le permette infatti di brucare le foglie degli alberi ad un livello inaccessibile alla maggior parte degli altri erbivori africani. Nei maschi, insieme alle corna, serve per sferrare colpi, durante le lotte per la riproduzione. Tuttavia nonostante Mondo 1 e Mondo 2 presentino quelle che apparentemente sono sempre giraffe, solo una di queste giraffe è reale così come lo sarà il mondo che abita.

Per capire le differenze tra Mondo 1 e Mondo 2, partiamo dall'inizio di una nuova generazione di giraffe, ovvero dalla fecondazione. Tutti i mammiferi, sia del Mondo 1 che del Mondo 2, si sviluppano dalla fecondazione della cellula sessuale femminile, l'ovulo, con quella maschile, lo spermatozoo. Ognuno dei due genitori contribuisce per la metà del DNA contenuto nel nucleo della cellula uovo fecondata, lo zigote. Una volta avvenuta la fecondazione, inizia lo sviluppo embrionale. Lo zigote si divide in due cellule, poi quattro, poi sedici e così via. Lo sviluppo embrionale, in ultima analisi, è il risultato di una complicata serie di reazioni chimiche, il cui punto di partenza è però uno solo, il DNA, contenuto nel nucleo della cellula che forma inizialmente l'embrione. Le nostre giraffe non fanno eccezione in questo. Ecco che, invece, arriviamo alla prima differenza: nel Mondo 1 lo sviluppo embrionale della giraffa avviene poiché il DNA che è contenuto nel nucleo dello zigote corrisponde ad un vero e proprio progetto del corpo adulto. Il DNA del Mondo 1 è una lunga sequenza di geni che man mano che vengono espressi, in modo del tutto lineare, producono effetti tridimensionali, cioè producono il corpo dell'adulto. Nel Mondo 1 quindi, vi è una corrispondenza diretta tra ciò che vi è nel DNA e ciò che sarà il corpo dell'adulto. Nel Mondo 2 invece il DNA è un insieme di istruzioni per costruire il corpo della giraffa adulta. Come seguendo una ricetta, lo sviluppo embrionale procede secondo eventi ordinati ma simultanei, in più parti dell'embrione della giraffa: questi eventi sono il prodotto dell'espressione dei geni che vengono espressi a seconda delle condizioni chimiche al contorno. Non vi è alcuna corrispondenza diretta tra geni e ciò che essi produrranno: lo stesso gene in posizioni diverse darà risultati diversi.

Da questa differenza iniziale dell'embriologia, ne consegue un'altra a livello genetico: essendo lo sviluppo embrionale del Mondo 1 una sequenza lineare di eventi, questi eventi possono essere letti in due sensi. Essendo i geni del Mondo 1 parte di un progetto, è possibile fare un'operazione di ingegneria inversa: partendo dalla giraffa adulta è possibile risalire alla giraffa giovane e quindi direttamente all'embrione, fino allo zigote e ancora, viceversa, all'adulto. In questo modo, ogni evento che modifichi le caratteristiche della giraffa adulta viene impresso nei geni. Queste modifiche per esempio, il collo lungo o la colorazione mimetica sono poi ereditate dalla prole di quelle giraffe che l'hanno sviluppate. Nel Mondo 2 invece ciò non può accadere, questo perché, come abbiamo detto non c'è corrispondenza diretta tra geni della giraffa e corpo della giraffa adulta. Per questo motivo lo sviluppo embrionale del Mondo 2 è un processo irreversibile sia logicamente che storicamente.

Ora, da questi due diversi tipi di embriologia e genetica consegue un'altra importante differenza, a livello del modo in cui le specie divengono adattate al loro ambiente. Prendendo ad esempio un adattamento, cioè una caratteristica atta alla sopravvivenza dell'organismo nell'ambiente, quale è il collo della giraffa, vediamo che differenza c'è tra le giraffe dei due mondi: nel Mondo 1 l'evoluzione ha prodotto gli adattamenti perché gli antenati delle odierne giraffe, nel corso delle generazioni, svilupparono la preferenza per le foglie che stavano sempre più in alto. Così facendo, usarono di più il collo, spingendone la crescita. In virtù della loro genetica, del tutto simile ad un progetto, i figli degli antenati delle giraffe che avevano sviluppato la preferenza per le foglie degli alberi e non per l'erba, ereditarono un collo più lungo. Anche nel Mondo 2 c'è stata evoluzione solo che, questa, è avvenuta in modo molto diverso: le popolazioni di giraffe comprendevano individui con collo di taglia leggermente diversa. Alcune giraffe presentavano un collo più lungo, altre lo avevano più corto. Gli antenati delle giraffe con colli più corti ebbero meno successo nella sopravvivenza nella savana rispetto a quelli con colli più lunghi, forse perché vi erano già altri erbivori che brucavano i vegetali a quell'altezza. Così, gli esemplari con colli più lunghi si riprodussero di più e, generazione dopo generazione, accumularono caratteristiche tali che diedero origine alla giraffa odierna.

Da questi due tipi alternativi di evoluzione ne consegue una grande differenza anche nella modalità più generale in cui le giraffe si sono evolute sulla Terra e non solo loro, ma anche tutte le altre specie viventi dei rispettivi mondi. La storia dell'evoluzione o filogenesi dei due mondi è quindi molto diversa. Nel Mondo 1 infatti l'evoluzione segue un percorso lineare, un po' come avviene nello sviluppo embrionale: le specie viventi, hanno passato diversi stadi derivanti direttamente dagli adattamenti che avevano acquisito in vita. In questo modo le specie tendono a trasformarsi completamente in altre specie: in altre parole, gli antenati delle giraffe che sono vissuti prima delle giraffe odierne si sono trasformate completamente nelle giraffe che vediamo oggi. La filogenesi del Mondo 1 è quindi profondamente lineare e soprattutto possiede una tendenza verso il miglioramento. La storia dell'evoluzione del Mondo 2 è invece più variegata, le specie non si trasformano spesso l'una nell'altra nel corso del tempo, quanto piuttosto, le popolazioni che appartengono ad una stessa specie vivente si dividono a causa di un evento naturale e qui, isolate in ambienti diversi, accumulano differenze che non permettono poi il rifondersi delle specie. Inoltre, essendo la filogenesi di questo mondo legata anche ad eventi casuali, non esiste una direzione precisa in cui vada l'evoluzione. Semplicemente, l'evoluzione accade e così genera un'enorme diversità. Rappresentando con un diagramma ad albero la storia dell'evoluzione dei due mondi, per la precisione con un albero filogenetico, vedremmo che quello del Mondo 1 possiede pochi rami, in cui ogni specie succede all'altra sostituendola, una sorta di sequenza a scala, in cui ogni gradino rappresenta una specie. Nel Mondo 2, invece, vi sarebbero moltissimi rami che si biforcano in continuazione, producendo più specie che vissero anche contemporaneamente, alcune poi si estinsero.

Così si conclude la carrellata di differenze, è arrivato il momento di concludere il nostro esperimento intellettuale e, per il lettore, è tempo di testare la sua conoscenza del mondo. Qual è il mondo a cui appartiene la Terra? È il Mondo 1 o il Mondo 2? A tutta prima non sembra facile. La difficoltà di scelta sta nel fatto che anche il mondo che non esiste è plausibile. Talmente plausibile che qualcuno è stato perfino tratto in inganno dopo la pubblicazione dell'origine di Darwin. Ebbene la risposta è che il Mondo 1 è un mondo che, nel complesso, potremmo definire lamarckiano, mentre è solo il Mondo 2 ad essere la descrizione di ciò che accade realmente sulla Terra. Un Mondo di Lamarck, non esistente, contrapposto ad un Mondo di Darwin, esistente. Il nostro è quindi un mondo profondamente darwiniano, la vita sulla Terra è come è perché essa segue regole darwiniane.

Ricapitolando, possiamo infatti descrivere questi ambiti che abbiamo ipotizzato, dell'embriologia, della genetica, dell'adattamento e della filogenesi dei due mondi, in termini storicamente noti. Infatti, per ognuno di questi quattro ambiti sono state contrapposte due teorie di cui solo una è aderente ad una visione del mondo darwiniana. Ognuna di queste teorie su come spiegare la vita sulla Terra è esistita realmente nel corso della storia del pensiero scientifico ma non è sopravvissuta alle prove sperimentali condotte nella realtà. Nell'embriologia vediamo quindi contrapposte una teoria del preformazionismo (Mondo 1) con la teoria epigenetica (Mondo 2); nella genetica, l'ereditarietà dei caratteri acquisiti (Mondo 1) con l'ereditarietà dei caratteri innati (Mondo 2); nell'adattamento abbiamo visto l'uso e il disuso (Mondo 1) contrapposto alla selezione naturale (Mondo 2); nella filogenesi, una visione a scala (Mondo 1) ed una ad albero (Mondo 2).

Abbiamo quindi visto come tutti questi ambiti siano collegati inestricabilmente, tanto che, se uno dovesse cambiare, dovrebbero cambiare anche gli altri di concerto. Seppure le teorie del Mondo 1 si confermavano una con l'altra, non sono sopravvissute. Si possono addurre alcune ragioni all'inesistenza del Mondo di Lamarck. La prima ragione risiede nel principio dell'uso e del disuso: gli adattamenti osserviamo negli organismi viventi, anche se mostrano chiari segni

di essere prodotti di un processo storico quale è l'evoluzione, sono spesso sofisticati e raffinati. Si pensi agli adattamenti degli organi sensoriali, quali l'occhio o l'orecchio, o ancor di più ai fini meccanismi cellulari. Il meccanismo dell'uso ed il disuso, postulato in un mondo lamarckiano, non sarebbe in grado di produrre tali adattamenti finché in quanto si basa su un'associazione approssimativa tra funzione (uso) e processo che ha prodotto quella funzione (adattamento). La selezione naturale, al contrario può produrre adattamenti sofisticati poiché ad ogni singola caratteristica è associato un valore adattativo, che influirà direttamente sulla sopravvivenza o sulla riproduzione. Altra ragione risiede nell'ereditarietà dei caratteri acquisiti: la maggior parte di questi caratteri infatti non sarebbe adattativa ma, al contrario, sarebbero deleteri per l'organismo. Come accade con le macchine, sono l'età ed il funzionamento stesso dell'organismo che provocano il suo logorio. Se le generazioni successive dovessero ereditare i caratteri acquisiti dai genitori al momento della fecondazione, la maggior parte di questi caratteri sarebbero malattie e degenerazioni date dall'età, che s'accumulerebbero nel processo evolutivo. Paradossalmente, ogni generazione nascerebbe più vecchia della precedente. Se anche esistesse un meccanismo di selezione dei caratteri vantaggiosi, questa sarebbe nientemeno che la selezione naturale. Il possibile Mondo di Lamarck sussisterebbe comunque grazie ad un Mondo di Darwin.

Questa è l'entità del cambiamento di visione del mondo che ha portato con sé "l'idea pericolosa di Darwin", per citare l'espressione del filosofo Daniel Dennett. L'idea stessa di evoluzione per selezione naturale fu il *primum movens* del rovesciamento della visione del mondo. La selezione naturale è infatti un'idea tanto semplice, quanto potente: postula pochissimo per spiegare pressoché ogni cosa all'interno delle scienze della vita. Per la precisione postula tre condizioni. Se è vero che gli esseri viventi possiedono la capacità di riprodursi passando alle generazioni successive i loro caratteri innati (condizione 1: eredità) e, se è vero che questi caratteri sono soggetti a variazione casuale a causa delle mutazioni (condizione 2: variazione), allora questa varietà deve influire sulla sopravvivenza degli individui che ne sono portatori così che alcuni di essi sopravvivranno e si riprodurranno più facilmente (condizione 3: selezione), altri no. La compresenza di queste tre condizioni genera contestualmente ed automaticamente evoluzione. La selezione è quindi alla base dell'evoluzione.

E, ovviamente, oggi sappiamo che queste tre condizioni sono completamente soddisfatte nel caso degli organismi viventi. La selezione naturale produce quindi gli adattamenti, accumulando generazione dopo generazione le mutazioni che insorgono casualmente in una popolazione. La selezione inoltre, ha natura del tutto locale: ogni specie, nel corso della storia dell'evoluzione, accumula una serie di caratteristiche che la rendono adatta all'ambiente particolare dove vive. Ne consegue che, se la selezione naturale è vera, ambienti simili devono produrre adattamenti simili: e così succede, in un fenomeno chiamato convergenza evolutiva. Vi sono quindi animali che, seppur appartengono a gruppi, possiedono adattamenti simili: si pensi, per esempio, ai mammiferi quali i delfini e a pesci cartilaginei quali gli squali. E ancora, la storia dell'evoluzione deve quindi essere compresa secondo le condizioni ambientali in cui si è svolta: le specie nel corso del tempo si moltiplicano a causa della natura locale dell'adattamento. Questi sono solo implicazioni molto generali della logica darwiniana i cui particolari sono pressoché infiniti.

La logica che Darwin pone alla nostra attenzione è quindi lontana dalla vecchia filosofia essenzialista del mondo classico, dominante nella cultura pressoché fino alla pubblicazione dell'*Origine*. Oggi non è infatti più possibile sostenere che vi siano delle essenze precostituite e che la realtà non sia che un'ombra, riflesso imperfetto dell'immutabile essenza delle cose. Come Ernst Mayr, ornitologo e studioso dell'opera darwiniana, ci fa notare, è il "pensiero di

popolazione” che entra di prepotenza nella scienza e quindi nella filosofia tutta. La realtà degli esseri viventi, e in generale di ogni oggetto materiale, è infatti composta da gruppi o popolazioni, a loro volta composti da individui tutti diversi in qualche misura. È l'essere umano che, a partire da questa varietà, ricostruisce nella sua mente un'idea generale grazie alla quale diviene capace di riconoscere i viventi o gli oggetti nella realtà. L'essenza è quindi un prodotto del pensiero umano, imposto poi alla percezione della realtà.

Ma se ciò di cui abbiamo trattato fino ad adesso è il passato ed il presente della logica di Darwin, possiamo intravederne anche il futuro. Infatti, se l'idea di selezione naturale è così semplice da essere riconducibile ad un algoritmo, come sostiene il teorico della complessità Stuart Kauffman, è forse anche possibile, se non probabile, che se esiste una qualche forma di vita in altri pianeti, questa sia soggetta allo stesso tipo di evoluzione che osserviamo sul nostro pianeta. Di questo si occupa l'exobiologia, una branca relativamente giovane degli studi astronomici. Il suo compito è quello di formulare ipotesi sulla vita di altri pianeti, le cui condizioni ambientali potrebbero essere molto diverse da quelle terrestri, ma nondimeno l'evoluzione potrebbe seguire percorsi simili.

La definizione stessa di vita, così fondamentale in queste ipotesi sulla vita extraterrestre, può essere ridotta ai minimi termini e quindi divenire il più generale possibile, grazie alla logica darwiniana. Secondo il biologo Richard Dawkins, la vita è composta da due soli elementi: replicatori e veicoli. I replicatori sono i geni, i frammenti di DNA che vengono replicati da una generazione all'altra. I geni sono perciò l'unità della selezione, i veri protagonisti dell'evoluzione, ovvero ciò che soddisfa le tre condizioni per l'evoluzione darwiniana (eredità, variazione, selezione). I veicoli sono invece involucri costruiti dai replicatori (geni) per interagire con il mondo circostante: in altre parole sono i corpi, costituiti da cellule, nei quali i geni viaggiano, comunicano, sperimentano il mondo. Seguendo il ragionamento fin qui sostenuto, non è difficile comprendere come basti ben poco per avere un processo di evoluzione darwiniano. Dopo tutto sembra quindi che il Mondo di Lamarck sia condannato a non esistere, se non nella nostra immaginazione.

E finora abbiamo visto la teoria dell'evoluzione per selezione naturale confinata all'ambito della biologia, anche se, almeno teoricamente, non solo terrestre. Tuttavia la teoria dell'evoluzione sembra non essere adatta al confinamento in una sola branca del pensiero umano. Per citare nuovamente Dennett, essa è come il leggendario “alkaest”, l'acido universale della scienza. È infatti possibile andare oltre la biologia, oltre alle sue già innumerevoli applicazioni, estendendo la logica di Darwin anche a branche quali della robotica, dell'informatica, della cosmologia e dello studio della cultura. Infatti, se è vero che basti variazione, eredità e selezione per avere evoluzione, è anche vero gli esseri viventi non sono gli unici oggetti di studio che abbiano queste caratteristiche.

Nell'ambito della robotica si è compreso da tempo che lo sviluppo dell'intelligenza artificiale non dipende tanto dalla bontà iniziale della progettazione quanto dalla somiglianza che questa ha con l'intelligenza biologica, prodotto dell'evoluzione. È possibile programmare robot in modo inizialmente molto elementare, lasciando che la programmazione sia aperta e soggetta a variazione casuale. Una volta sottoposti a test per determinarne l'efficienza nello svolgere un compito, si selezionano i robot la cui varietà si sia dimostrata più efficiente e, a partire solo da queste varietà, si produce un'altra generazione di robot che ereditino le caratteristiche della generazione precedente. Nel corso delle generazioni di robot dotati di intelligenza artificiale si osserva una complessazione dell'intelligenza stessa, raggiungendo livelli di sofisticazione sempre più elevati. Nel campo dell'informatica succede qualcosa di molto simile, ma solo a livello di software. Sono programmi che, per un processo di prove ed

errori, possono passare le loro funzioni ad una generazione successiva ma solo con le varianti più funzionali, raffinandosi così da sé nel loro funzionamento.

Nell'ambito della cosmologia il fisico Lee Smolin ha elaborato la "teoria della selezione naturale cosmologica" secondo cui le regole dell'evoluzione biologica hanno un analogo nella cosmologia: il collasso di un buco nero originerebbe un nuovo universo le cui costanti fisiche (quali, ad esempio la velocità della luce) differiscono da quelle dell'universo "madre". Esistono perciò tanti universi quanti sono i buchi neri. La selezione degli universi nati da questo processo verrebbe data dall'impossibilità, per alcuni universi, di raggiungere l'età necessaria per sviluppare buchi neri. In altre parole, universi le cui costanti non ne permettessero la permanenza, "morirebbero prima di riprodursi".

Ed infine arriviamo allo studio della cultura. Lo studio dell'avvicinarsi delle teorie scientifiche nel corso della storia può essere considerato un processo di evoluzione per selezione. Le teorie scientifiche si raffinano nel corso della storia attraverso un processo di competizione. Come abbiamo visto nel nostro esperimento intellettuale, le teorie che arrivano a spiegare nel modo migliore i dati disponibili in quel preciso momento storico, sopravvivono fino all'arrivo di un'altra teoria il cui potere esplicativo sia maggiore di quella precedente. Il Mondo di Lamarck è stato possibile fino alla comparsa del Mondo di Darwin. La fisica di Newton sulla meccanica del moto rimase come unica realtà del moto fino all'arrivo della relatività dello spazio-tempo di Einstein. Questo è il campo di studio dell'epistemologia evoluzionistica fondato da Donald Campbell negli anni '60.

Ma non è finita. Facendo un ultimo passo "oltre", nello studio della cultura è possibile arrivare ad affermare che la cultura stessa sia, nel suo complesso, un prodotto di un processo di evoluzione, evoluzione culturale. Le idee stesse, infatti, sembrano soddisfare le tre condizioni della logica di Darwin: le idee possono essere ereditate da una generazione all'altra, variano da persona a persona casualmente o intenzionalmente, ed infine, alcune di queste passano alle generazioni successive, mentre altre no. Sono queste le premesse della memetica, nel cui campo, le unità di selezione della cultura sono chiamati "memi", frammenti di cultura analoghi dei geni, i replicatori protagonisti dell'evoluzione culturale.

Attraverso l'evoluzione della vita sulla Terra abbiamo speculato su quella di altri mondi e poi, siamo andati oltre la biologia per arrivare al cosmo e alla concezione stessa della conoscenza e della cultura. L'evoluzione ci ha portato lontano nel nostro ragionamento. Un vero e proprio viaggio nella conoscenza sulla rotta dell'evoluzione, come quello che Darwin fece sul Beagle. È vertiginoso come una singola idea possa aver prodotto una tale mole e diversità di esplorazioni intellettuali, tutte incredibilmente feconde e della massima attualità. Duecento anni dopo la nascita di Darwin è questa la sua più grande eredità lasciata a tutta l'umanità: la sua teoria dell'evoluzione per selezione naturale è una possibilità, estremamente versatile e potente, di vedere il mondo con occhi completamente diversi per scoprire nuove realtà e, con esse, la possibilità di accedere alla meraviglia filosofica della scoperta. Un mondo senza la teoria di Darwin, come alcuni auspicerebbero, non sarebbe solo molto meno interessante, ma anche molto meno plausibile nella sua spiegazione. Un mondo fisso e morto che, fortunatamente, non esiste. Forse non solo nella biologia, forse pressoché nulla ha senso nella realtà se non alla luce dell'evoluzione.

Detto ciò, buon compleanno Mr. Darwin! Avrà anche duecento anni ma non li dimostra affatto!

Giorgio Tarditi Spagnoli