

Rob DeSalle e Ian Tattersall

UNA SCOMODA SCIENZA

**Come la genetica è stata usata
impropriamente per definire le razze**

Traduzione di Allegra Panini



Titolo originale

Troublesome Science

The Misuse of Genetics and Genomics in Understanding Race

Copyright © 2018 Rob DeSalle and Ian Tattersall

All rights reserved

Progetto grafico e copertina: Silvia Virgilio • puntuale

© 2019 Codice edizioni, Torino

ISBN 978-88-7578-810-0

Tutti i diritti riservati

codiceedizioni.it

facebook.com/codiceedizioni

twitter.com/codice_edizioni

instagram.com/codice_edizioni

*Alla memoria di Bob Sussman,
nostro collega e buon amico
che detestava le disuguaglianze*

Indice

- IX Prefazione
- XIII Ringraziamenti

Capitolo 1

- 3 Lezioni sull'evoluzione

Capitolo 2

- 17 Che cosa sono le specie e come possiamo riconoscerle

Capitolo 3

- 33 Alberi filogenetici

Capitolo 4

- 47 Il gioco dei nomi

Capitolo 5

- 59 *DNA fingerprinting* e *DNA barcoding*

Capitolo 6

- 71 Prime nozioni biologiche della divergenza umana

Capitolo 7

- 85 Eva mitocondriale e Adamo cromosomico

	<i>Capitolo 8</i>
101	Il restante 99 per cento del genoma
	<i>Capitolo 9</i>
115	Il test ABBA/BABA e i genomi dei nostri parenti più antichi
	<i>Capitolo 10</i>
131	Migrazioni umane e genomi neolitici
	<i>Capitolo 11</i>
143	Genealogie genetiche e alberi delle specie
	<i>Capitolo 12</i>
155	Come raggruppare gli esseri umani?
	<i>Capitolo 13</i>
169	Possiamo usare STRUCTURE sugli esseri umani?
	<i>Capitolo 14</i>
183	Il signor Murray ha perso la scommessa
	<i>Epilogo</i>
199	Razza e società
207	Note bibliografiche
223	Indice analitico

Prefazione

In un mondo perfetto non ci sarebbe bisogno di un ennesimo libro su scienza e razza. Infatti è stato ampiamente dimostrato che cercare di suddividere la specie a cui apparteniamo, *Homo sapiens*, nelle unità oggettivamente riconoscibili che l'analisi scientifica richiede è un'impresa disperata. A dire il vero pensavamo di averlo già chiarito in modo ragionevolmente efficace nel 2011 con il nostro *Race? Debunking a Scientific Myth*. In seguito Robert W. Sussman, eminente collega che purtroppo ci ha lasciati, ha completato il nostro lavoro con un'opera elegante e di grande effetto, *The Myth of Race: The Troubling Persistence of an Unscientific Idea*, in cui l'eugenetica veniva presentata in modo originale nei termini di una lente attraverso cui guardare per capire come il fanatismo riesca molto spesso a farsi passare per scienza.

Purtroppo però basta una rapida scorsa alle pubblicazioni recenti per rendersi conto di quanto sia tenace la convinzione secondo cui le razze umane sarebbero in qualche modo giustificabili in termini biologici. Per esempio i biologi molecolari che si occupano di genomica comparativa continuano a "stratificare" i loro campioni geografici prima di dedicarsi a successivi approfondimenti, e anche in campo farmacologico numerosi studi clinici insistono a portare avanti la tradizione vetusta che prevede una distinzione dei soggetti studiati in base alla razza. Il governo degli Stati Uniti richiede tuttora ai propri cittadini di indicare la razza di appartenenza in molti ambiti istituzionali. Infine è sconcertante vedere quanto successo continuino ad avere libri come *Una scomoda eredità. La storia umana tra razza e genetica*, di Nicholas Wade, che hanno la

pretesa di dimostrare l'esistenza delle razze umane su basi scientifiche obiettive.

Chiaramente c'è ancora molta confusione sulla natura delle prove scelte per giustificare le suddivisioni della specie umana, e sull'obiettività o l'effettiva applicabilità delle metodologie scientifiche adottate a questo scopo. Per lo più i metodi utilizzati rientrano nel campo della tassonomia, la scienza che si occupa di ordinare e classificare la riottosa diversità del mondo naturale di cui facciamo parte. In qualità di tassonomisti apprezziamo moltissimo l'efficacia di questa disciplina per organizzare la complessità della nostra biosfera con la sua lunga e ramificata storia evolutiva. Allo stesso tempo però ammettiamo che gli stessi metodi sono del tutto inadeguati per classificare le varianti all'interno di una singola specie, cioè le unità fondamentali che si analizzano studiando la struttura della vita. Se infatti le specie sono unità storicamente individuate, al di là degli esclusivi trascorsi evolutivi di ciascuna di esse, le varianti al loro interno appaiono del tutto effimere in quanto prive, per definizione, di limiti discreti. Di conseguenza i procedimenti sviluppati finora per ordinare le diverse specie non possono essere applicati in modo proficuo per studiare la varietà esistente all'interno di *Homo sapiens*.

Da tale riflessione è nata l'idea di questo libro, in cui speriamo di riuscire a dimostrare quanto detto esaminando in dettaglio il lavoro dei tassonomisti e chiarendo perché le tecniche che adoperano per distinguere le specie e per valutare le loro relazioni non possano funzionare se applicate in modo errato allo studio della varietà umana.

Incominceremo allora dal processo evolutivo che ci ha generati, passando in rassegna alcune delle metafore visive usate per rappresentarlo. Ci occuperemo quindi di che cosa sono le specie, come si possono riconoscere e come vengono usate per costruire alberi filogenetici, non trascurando i metodi adottati per attribuire loro un nome. Le prime tecniche moderne che approfondiremo saranno il *DNA barcoding* e il *DNA fingerprinting* (o "studio dell'impronta genetica"), quindi ci concentreremo sugli esseri umani esaminando brevemente le prime idee sulle divergenze rilevabili nell'ambito della nostra specie. Vedremo poi come sono stati scoperti i gruppi sanguigni umani e come si è arrivati allo sviluppo, in ultima analisi collegata a quella scoperta, dei concetti di "Eva mitocondriale" e "Adamo Y-cromosomico". Infine analizzeremo le più nuove e interessanti

tecnologie che ci hanno permesso di conoscere le sequenze genomiche di alcuni dei nostri parenti estinti.

Grazie a questa ampia disamina della genomica saremo quindi in grado di capire che cosa ci dicono le testimonianze genetiche sulle antiche migrazioni delle popolazioni umane e sul modo in cui *Homo sapiens* è riuscito a prendere il sopravvento in tutto il mondo abitabile in un intervallo di tempo davvero breve. Una volta chiarito questo aspetto ci troveremo nella condizione migliore per valutare i metodi applicati, soprattutto negli ultimi anni, allo studio degli effetti delle antiche migrazioni, eventi che, come è facile aspettarsi, hanno prodotto un vasto mescolamento demografico e genomico. Dimosteremo così l'inadeguatezza dei metodi di *clustering* usati per suddividere in gruppi omogenei e mettere in ordine le risultanti varietà intraspecifiche ed estesamente clinali, che rappresentano in realtà una serie graduale continua, e faremo luce anche sui limiti degli studi delle popolazioni umane svolti più di recente usando il programma STRUCTURE.

Infine, considereremo in dettaglio alcune delle affermazioni contenute nel libro di Nicholas Wade per dimostrare che le sue asserzioni non sono accettabili in termini scientifici per almeno sette motivi diversi. Il nostro auspicio, alla fine di questo viaggio metodologico, sarà di essere riusciti a convincere il lettore del fatto che parlare di "razze" umane riconoscibili non ha nessuna credibilità scientifica né serve per migliorare la nostra conoscenza della storia demografica umana e dell'attuale varietà genomica di *Homo sapiens*. In termini biologici le "razze", intese come entità distinte, non esistono proprio e nessuno degli approcci tassonomici e sistematici applicati finora dagli studiosi è riuscito a dimostrare il contrario.

Peraltro non si può negare che, in ambito culturale e politico, il concetto di razza continui ad essere molto sentito con il rischio di danneggiare allo stesso tempo l'uguaglianza sociale e i rapporti tra etnie in molte delle società occidentali. Concluderemo perciò la nostra panoramica con un epilogo in cui considereremo brevemente le conseguenze sociali del concetto di razza e le nostre speranze per il futuro, ricordando una volta di più che attribuire un nome o definire un qualsiasi sottogruppo umano è un'operazione potenzialmente distruttiva che rischia di tradursi in un "noi contro loro". In questo momento un po' scoraggiante troviamo pochi motivi per essere

ottimisti, almeno per quanto riguarda un cambiamento che possa avvenire nei prossimi decenni. Però siamo certi che le prospettive per un miglioramento potranno essere più numerose se i ricercatori, i giornalisti e tutti i cittadini riusciranno finalmente a convincersi del fatto che il termine *razza* non ha alcun significato dal punto di vista scientifico. Offriamo dunque a tutti il nostro libro nella speranza che possa contribuire, anche pochissimo, a raggiungere questo importante obiettivo.

Ringraziamenti

Siamo grati a Michael Yudell, co-curatore della collana “Race, Inequality and Health” di cui *Una scomoda scienza* fa parte, per averci invitati a partecipare a questa importante iniziativa. Non saremmo comunque mai stati in grado di completare il nostro lavoro senza il sostegno entusiasta e l’incoraggiamento del nostro editor Patrick Fitzgerald e dei suoi colleghi Ryan Groendyk e Brian Smith, che hanno partecipato attivamente a questo progetto. Siamo anche profondamente in debito con Kathryn Jorge della Columbia University Press e con Ben Kolstad della Cenveo, per la loro attenzione meticolosa e competente nel corso del processo produttivo. Vogliamo quindi esprimere la nostra gratitudine ad Apurva Narechania, Martine Zilversmit, Jeff Rosenfeld e Michael Tessler dell’American Museum of Natural History per l’aiuto che ci hanno dato per le analisi filogenetiche, e a Vivian Schwarts per la sua abile assistenza editoriale. Come sempre siamo entrambi più che grati a Patricia Wynne per le sue magnifiche illustrazioni, che danno vita al nostro libro. Infine ricordiamo Erin DeSalle e Jeanne Kelly, che hanno incondizionatamente mostrato il loro imperturbabile buon umore nella fase di scrittura di questo volume: ancora una volta il nostro ringraziamento più profondo è riservato a voi due.

Una scomoda scienza

Lezioni sull'evoluzione

Tutte le forme di vita sulla Terra condividono un antenato comune ed è per questo che esiste una continuità ininterrotta tra i genomi di tutti gli organismi, inclusi noi esseri umani. Questa ascendenza che ci accomuna implica anche che ciascuna specie vivente oggi sia il prodotto di oltre tre miliardi di anni di evoluzione. Lo stesso vale, ovviamente, per gli esseri umani. Se però è vero che l'uomo è indiscutibilmente il risultato di una storia biologica molto lunga, dobbiamo altresì riconoscere che *Homo sapiens*, la nostra specie, è arrivata da poco. È comparsa infatti come un'unità anatomicamente distinta appena 200.000 anni fa e i suoi rappresentanti hanno incominciato ancora più di recente a comportarsi nel modo moderno e inconsueto che ci caratterizza. Sottolineare la brevità di questa storia è importante perché implica che ogni variazione fisica da noi percepita nell'ambito della nostra specie è di origine assai recente. Di fatto, in termini evolutivi, quella variazione costituisce un vero e proprio epifenomeno, un fatto accessorio. Certo, molti individui della nostra egocentrica e quasi narcisistica specie, in una qualsiasi strada affollata di una grande città, potrebbero considerare esagerata o perfino assurda questa affermazione. Ma nel più vasto schema degli eventi, le variazioni fisiche che cogliamo così chiaramente all'interno di *Homo sapiens* sono davvero di scarsa rilevanza, anche se questo fatto può essere compreso appieno soltanto nel contesto del vasto processo evolutivo che ha modellato noi stessi così come ogni altra specie sul pianeta. Per capire che cosa può insegnarci l'evoluzione sugli esseri umani dobbiamo partire dalle ricerche che due uomini straordinari svolsero nel XIX secolo, letteralmente rivoluzionando

quanto sappiamo a proposito del nostro posto nella natura: Charles Darwin e Alfred Russel Wallace.

La storia di come questi due brillanti naturalisti proposero quasi simultaneamente l'idea che l'irriducibile diversità del mondo vivente sia il prodotto dell'evoluzione è ben nota. Anche se non dovremmo mai dimenticare il contributo di Wallace, in questo capitolo ci concentreremo sulla determinante formulazione proposta da Darwin per il meccanismo evolutivo. Uomo di grande curiosità e immaginazione, nel corso della sua lunga e indaffarata carriera Darwin fece molte scoperte che finirono per rivelarsi di importanza fondamentale per la conoscenza della storia naturale. Formulò inoltre alcune idee geniali che in più occasioni si sono dimostrate estremamente utili per chiarire i meccanismi dell'evoluzione.

Una di queste, forse, più che un'idea fu proprio il suo metodo di registrare e organizzare le osservazioni. Come naturalista, Darwin fu un lucidissimo osservatore che prendeva nota di ogni cosa: tale abitudine era già fermamente radicata nel 1831 quando, all'età di 22 anni, partì per il suo viaggio intorno al mondo in qualità di naturalista non ufficiale sul regio brigantino *HMS Beagle*. Nel corso di questa lunga avventura, mentre accumulava osservazioni su osservazioni, prendeva appunti su appunti e collezionava esemplari su esemplari, Darwin rimase sempre più colpito dal fatto che i viventi apparissero organizzati in quelli che oggi chiameremmo *insiemi nidificati*. Ciascuna specie, con altre simili, poteva essere inserita in un raggruppamento più vasto detto *genere*. I generi a loro volta rientravano in più grandi *famiglie* e queste si potevano raggruppare in *ordini* e così via, proseguendo sulla stessa scia finché tutti gli organismi risultavano inglobati in una gigantesca unità comprendente membri tra i quali l'unico elemento in comune era il fatto di essere vivi. Il colpo di genio che Darwin quasi certamente ebbe ben prima del termine della sua odissea di cinque anni, fu intuire che soltanto un meccanismo ben preciso poteva aver dato origine a un'organizzazione di questo tipo. Come in seguito spiegò egli stesso, il meccanismo era quello della «discendenza con modificazioni». Tutti gli organismi, in ultima analisi, derivavano da una singola specie progenitrice i cui discendenti si erano diversificati in tempi lunghissimi, un po' come i membri dei vari rami di una famiglia umana potrebbero svolgere lavori diversi diventando panettieri o pescatori

o banchieri. Purtroppo tuttavia questa scoperta fondamentale non poté non scontrarsi con una delle più solide credenze tramandate all'epoca: il fatto che le specie rimanessero sostanzialmente fisse, identiche a come il Creatore le aveva generate (secondo una stima, nel 4004 a.C.). Invece, nello schema di Darwin, le specie inevitabilmente “trasmutavano”; in altre parole, gli organismi dovevano essere in grado di dare vita a discendenti che non erano esattamente identici a loro stessi.

Darwin non fu il primo a proporre un'idea di questo tipo. Già nel XVIII secolo studiosi come il sacerdote statunitense Samuel Stanhope Smith avevano suggerito, in particolare nel contesto delle razze umane, che l'adattamento poteva svolgere un ruolo nel produrre la diversità. E lo stesso nonno di Darwin, il medico Erasmus Darwin, aveva ipotizzato, verso la fine del XVIII secolo, che ogni organismo potesse «continuare a migliorare per propria attività intrinseca e consegnare questi miglioramenti attraverso la riproduzione alla propria prole».

Tra gli scienziati più eminenti del suo tempo, il naturalista francese Jean-Baptiste Lamarck suggerì nel 1809 (anno di nascita di Darwin) che i molluschi fossili rintracciabili nel bacino parigino facessero parte di linee di discendenza modificatesi costantemente nel tempo. Poco dopo, nel 1814, il geologo italiano Giambattista Brocchi propose che le specie potessero in qualche caso dare origine a discendenti modificati, nonostante le forme fossili reperibili sugli Appennini apparissero per lo più immutate in tutti gli strati geologici in cui si potevano trovare. Così nel primo quarto del XIX secolo Lamarck e Brocchi fecero emergere gli elementi chiave della nostra attuale interpretazione dell'evoluzione. Certo bisogna riconoscere che questi due pensatori davvero originali furono decisamente avanti per il loro tempo, infatti il primo fu deriso, mentre il secondo fu presto dimenticato. Darwin, invece, apparve sulla scena quando ormai i geologi avevano confermato con una certa sicurezza la tesi per cui la storia della Terra era in realtà lunghissima (e in questo intervallo di tempo così dilatato potevano quindi essersi verificati cambiamenti anche profondi) e poté quindi elaborare e proporre un meccanismo davvero ingegnoso per spiegare come si verificavano i cambiamenti.

Il meccanismo scoperto da Darwin aveva a che fare con il fenomeno della «selezione naturale», come il naturalista decise di

chiamarlo. Come Wallace, anche Darwin aveva tratto ispirazione dal *Saggio sul principio di popolazione*, un testo pubblicato nel 1798 da Thomas Malthus, in cui il pastore anglicano ed economista britannico sosteneva che la popolazione umana tendeva invariabilmente a crescere più delle risorse disponibili per il proprio sostentamento. La tesi della selezione naturale fu costruita a partire da questa idea (in natura nascono molti più individui ad ogni generazione rispetto a quelli che riescono a riprodursi) e dal fatto che tutti i membri di una popolazione di qualsiasi specie presentano variazioni negli attributi fisici da loro ereditati. In una popolazione sono dunque gli individui più “adatti”, cioè quelli che hanno ereditato caratteristiche più utili per sopravvivere in un determinato contesto, a riuscire a riprodursi maggiormente e prosperare. Gli individui con adattamenti meno validi invece vengono eliminati lungo il tragitto e scompaiono insieme alle loro caratteristiche meno efficaci. In questo modo, la linea di discendenza di una specie si modifica in maniera impercettibile passando da una generazione all'altra e tende costantemente a raggiungere la condizione di miglior adattamento possibile. Questa formulazione splendidamente riduzionista aveva le caratteristiche giuste per essere subito apprezzata dai membri di una specie come la nostra, in cerca di spiegazioni chiare e precise; infatti, nonostante con il tempo abbia mostrato varie imperfezioni, in ultima analisi si è dimostrata uno dei punti più solidi a sostegno della teoria dell'evoluzione.

Il terzo importante progresso scientifico compiuto da Darwin riguardò il modo in cui possiamo distinguere le diverse entità in natura. A questo riguardo il biologo, ornitologo ed evoluzionista Ernst Mayr a metà del XX secolo ha sottolineato che fu proprio Darwin a promuovere il cosiddetto *population thinking* (“approccio popolazione”). All'epoca in cui Darwin studiava la storia naturale il metodo classico per osservare il mondo derivava direttamente dal pensiero tipologico sviluppato dagli antichi greci. Questo metodo si focalizzava sull'“essenza” di ciascun tipo di organismo (qualcosa di simile alla media matematica) e considerava la variazione tra individui più o meno come un costrutto filosofico. Per quanto osservabile, la variazione doveva essere estrapolata in modo da poter descrivere comunque il “tipo”. Si trattava di un approccio al mondo naturale che aveva una sua utilità pratica, come vedremo nei prossimi capitoli, ma che al contempo ostacolava l'interpretazione della natura

proposta da Darwin nel 1859 nel suo straordinario *L'origine delle specie per selezione naturale, o la preservazione delle razze privilegiate nella lotta per la vita* (da qui in avanti indicato come *L'origine delle specie*). L'approccio populazionale privilegiato da Darwin infatti guardava al mondo naturale cercando la variazione su cui la selezione naturale potesse agire, mentre l'idea di "tipo", o media, era un'astrazione che intrinsecamente limitava la possibilità di conoscere la storia del mondo naturale. Ritorniamo su questo allontanamento dal pensiero tipologico quando considereremo la biologia delle popolazioni umane: senza di esso infatti saremmo in difficoltà volendo descrivere la storia biologica incredibilmente complessa della nostra specie.

Il quarto progresso importante di Darwin riguardò il modo articolato e chiaro con cui considerò le modalità evolutive. Anche se non fu il primo a suggerire la possibilità di utilizzare modelli ramificati per rappresentare i rapporti tra gli organismi, Darwin li impiegò nell'ambito della discendenza con modificazioni. Tre prove distinte dimostrano che avesse colto fin dall'inizio l'utilità degli alberi evolutivi per descrivere il fenomeno della discendenza con modificazioni. La prima prova è la pagina con la scritta «I think» di un suo taccuino datato 1837. Lo schema di questa pagina è ormai diventato famoso e nella versione tatuata decora il corpo di numerosi biologi evolucionisti. L'immagine rappresenta uno schema ramificato al di sopra del quale il grande naturalista appuntò le parole sopra citate (Figura 1.1). Il disegno è accompagnato da un breve testo in cui Darwin spiega il significato delle estremità e dei nodi illustrati.

Lo studioso contrassegnò quattro estremità, corrispondenti ad altrettante specie, con le lettere da A a D e accanto ad esse scarabocchiò questo testo: «Pertanto fra A e B un'immensa distanza di parentela. Fra C e B la gradazione più sottile, tra B e D una distinzione alquanto più grande». Osservando lo schema notiamo che è corretto quanto affermato a proposito di B e C, la cui parentela è effettivamente più stretta rispetto a quella tra B e A. Tra B e A c'è una distanza "immensa" rispetto alla "gradazione più sottile" tra B e C.

Gli altri due esempi dell'utilizzo di schemi ramificati da parte di Darwin si trovano nell'*Origine delle specie*. A ben vedere il famoso grafico con ramificazioni gerarchiche (Figura 1.2) rappresenta l'unica illustrazione della prima edizione del libro, mentre quasi un terzo

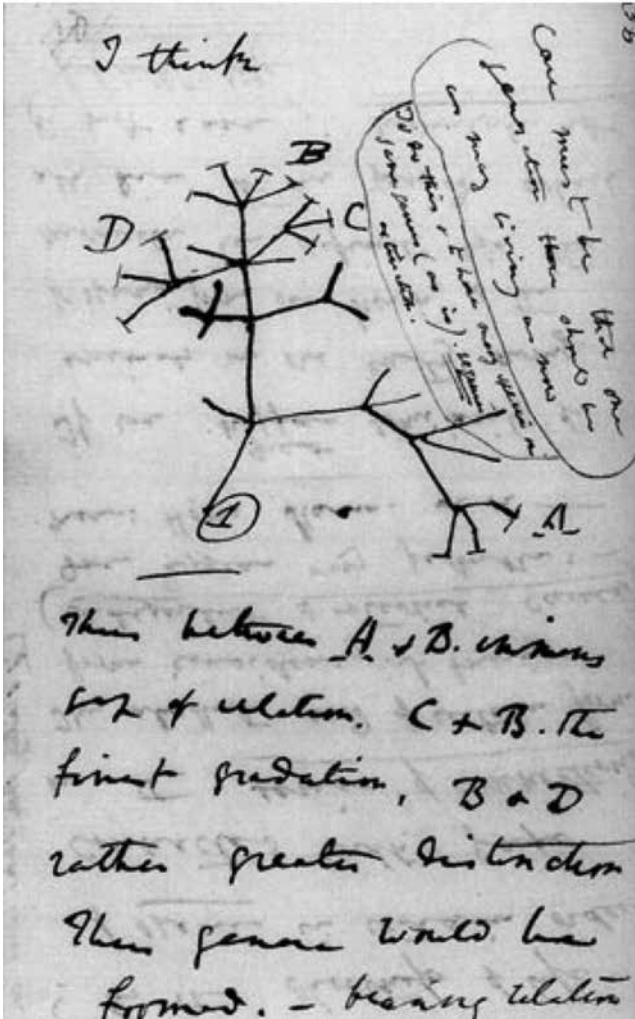


Figura 1.1. Il famoso «I think» tratto dai taccuini di Darwin. Il naturalista descrisse l'immagine nel testo sottostante indicando il significato delle sue estremità e dei nodi, e distinse con una lettera le quattro estremità, da A a D, corrispondenti ad altrettante specie, annotando poi questa riflessione vicino al disegno: «Pertanto fra A e B un'immensa distanza di parentela. Fra C e B la gradazione più sottile, tra B e D una distinzione alquanto più grande».

Lascia un po' interdetti notare che Darwin si sia forse sbagliato confrontando B con C e poi B con D. Se infatti osserviamo lo schema attentamente, B appare di fatto alla stessa distanza da C e da D. Il numero di antenati in comune tra B e C è infatti lo stesso che c'è tra B e D.

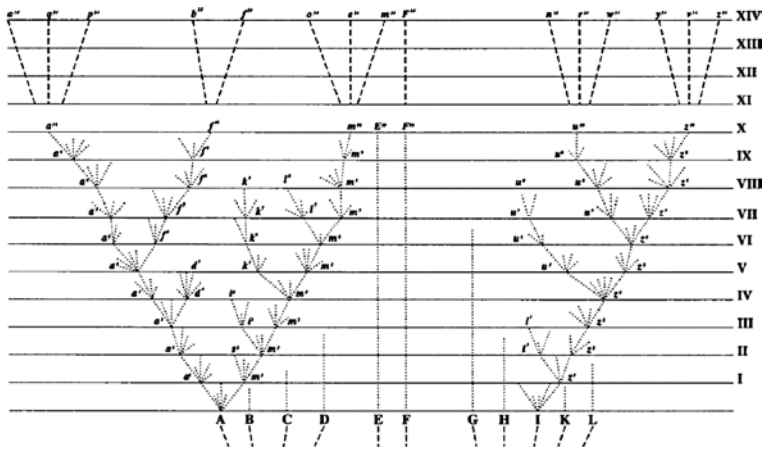


Figura 1.2. L'unica illustrazione presente nell'*Origine delle specie*. Darwin dedicò quasi un terzo del suo capitolo sulla selezione naturale (il quarto) all'analisi dello schema.

del capitolo sulla selezione naturale è occupato da un'analisi dello schema e del modo efficace con cui rappresenta la discendenza con modificazioni. Riferendosi direttamente allo schema, Darwin (1993, p. 125) afferma: «Quindi, secondo me, le specie si sono moltiplicate e si sono formati i generi». Anche in questo caso il grande naturalista ci accompagna in un nuovo panorama intellettuale scegliendo di usare uno schema ramificato (un “albero”) per spiegare il ragionamento centrale del suo libro.

Il terzo esempio che dimostra la preferenza di Darwin per questo nuovo “pensiero ramificato” si trova nella splendida prosa con cui lo studioso descrive nell'*Origine delle specie* quello che chiama «grande Albero della Vita [...] che riempie la crosta terrestre di rami morti e spezzati, mentre ne copre la superficie con i bei rami in continua suddivisione» (Darwin, 1993, p. 131). Questa predilezione per il pensiero ramificato fu un passo avanti rivoluzionario nella nostra progressiva conoscenza della struttura del mondo vivente ed è qualcosa a cui faremo ripetutamente riferimento in questo libro.

Dal tempo di Darwin migliaia di persone hanno dedicato le loro vite allo studio della natura nel solco da lui aperto e partendo dai suoi risultati. *L'Origine delle specie* è diventato il punto di partenza per tutti i successivi studi sul mondo naturale anche se, come è

logico aspettarsi data la complessità della biosfera, l'intera storia del processo evolutivo e del suo funzionamento deve essere ancora ricostruita. Ciononostante possiamo ormai contare su alcuni concetti generali dei quali possiamo essere abbastanza certi. Il primo di questi deriva direttamente dall'approccio popolazionale e sostiene che sono le *popolazioni* a evolvere, non i singoli individui. Questi vivono e muoiono, e mentre le loro cellule (e forse perfino i loro genomi) cambiano nel corso della loro vita, essi non fanno altrettanto. Ciò significa che dobbiamo essere cauti quando ci riferiamo a questo o a quell'individuo in un contesto evolutivo. Un altro concetto generale importante è il fatto che la selezione naturale non costituisce l'unica forza in grado di cambiare la popolazione, un'idea confermata a partire dagli anni Sessanta del XX secolo quando i ricercatori cominciarono a notare che alcune innovazioni genetiche non arrecavano benefici né erano dannose per le popolazioni interessate. Secondo questa teoria "neutrale" dell'evoluzione molti cambiamenti evolutivi che interessano le popolazioni sarebbero scollegati da un qualsiasi adattamento o funzione.

La neutralità fa emergere un'altra caratteristica generale del processo evolutivo: nelle popolazioni piccole possono accadere cose strane, che hanno poco o nulla a che fare con la selezione naturale. L'effetto in questo caso è di tipo probabilistico e dunque è possibile chiarirlo con l'analogia seguente. Immaginiamo che qualcuno voglia scommettere di riuscire a lanciare una moneta e ottenere "testa" cento volte di fila: potremmo accettare la scommessa tutte le volte in quanto la probabilità che questo evento si verifichi è di $1/2^{100}$ o $1/8(10^{31})$, di fatto un numero molto piccolo. D'altro canto, se qualcuno volesse scommettere di poter lanciare due monete ottenendo nei due casi "testa" accetteremmo con meno slancio dato che la probabilità che questo evento si verifichi è $1/2^2$ ovvero 0,25. In modo simile le piccole dimensioni di una popolazione possono far sì che si verifichino eventi che altrimenti sembrerebbero improbabili. Questo è certamente stato un fattore di grande rilevanza nell'evoluzione umana, dato che le dimensioni della nostra popolazione sono diventate soltanto di recente abbastanza grandi da favorire la panmissia (l'incrocio casuale). Non possiamo pertanto affermare semplicemente che la selezione naturale sia l'unico fattore trainante dell'evoluzione mentre, al contrario, dobbiamo riconoscere

l'influenza significativa di quei fattori del cambiamento ("deriva genetica") che dipendono dalle piccole dimensioni del campione considerato.

Se è vero che i biologi evolucionisti hanno compiuto alcuni errori in passato a proposito del funzionamento dell'evoluzione, questo ovviamente non significa che il processo stesso possa essere messo in dubbio o risulti meno chiaro. È vero anzi l'opposto: tutta la buona scienza procede per costanti miglioramenti. Possiamo indicare come esempio lo studio della gravità. La prima teoria che spiega il fenomeno della gravità (quella di Newton) è stata sostituita dalla teoria della relatività, ma la gravità non ha mai smesso di funzionare in nessun momento durante lo sviluppo della nuova e più vasta spiegazione del fenomeno gravitazionale. Allo stesso modo, mentre la teoria dell'evoluzione è stata messa alla prova, rifinita e risistemata da quando Darwin e Wallace proposero la selezione naturale come fenomeno chiave della stessa, in nessun momento di questa fase di sviluppo l'evoluzione ha smesso di essere un fattore di cambiamento sul nostro pianeta. La scienza non cerca verità assolute, ma anzi raffinisce costantemente le nostre interpretazioni del funzionamento del mondo; si tratta infatti di una forma di conoscenza che progredisce mettendo da parte le idee rivelatesi sbagliate in una costante condizione di *work in progress*.

Come abbiamo accennato prima, il concetto di deriva genetica fu sviluppato per spiegare eventi casuali con cui la selezione naturale c'entra poco o nulla. In seguito a simili sviluppi i biologi evolucionisti incominciarono a riallineare la loro interpretazione della natura e del ruolo svolto dalla selezione naturale nella variazione e nella diversità osservate. Nei primi anni Settanta del XX secolo, gli scienziati di Harvard Stephen Jay Gould e Richard Lewontin sfidarono il paradigma prevalente per cui l'evoluzione sarebbe proceduta in funzione dell'adattamento. Secondo Gould e Lewontin i biologi evolucionisti e gli studiosi di storia naturale si erano assuefatti alla routine facendo affidamento soltanto sulla selezione naturale e sull'adattamento come meccanismi in grado di spiegare quasi tutto ciò che osserviamo in natura. Volendo dimostrare l'inesattezza di questo "programma adattazionista" i due scienziati indicarono quattro ragioni per cui l'evoluzione non poteva tendere verso la perfezione, come sarebbe stato l'esito logico del solo adattamento.

Primo, se le varianti nelle popolazioni possono evolvere a prescindere dalla selezione, allora non tutti i cambiamenti saranno adattativi. Secondo, molti dei fenotipi che osserviamo in natura, e siamo tentati di interpretare come adattativi, in fin dei conti si rivelano frutto di compromessi. Consideriamo per esempio le ginocchia degli esseri umani. Le nostre ginocchia si sono evolute per sostenerci come animali eretti che camminano su due gambe e infatti il nostro passaggio al bipedismo è stato considerato da molti come uno degli eventi più importanti della storia evolutiva umana. Lo stesso Darwin introdusse questo concetto nel suo *L'origine dell'uomo* quando scrisse: «Le mani e le braccia difficilmente si sarebbero perfezionate tanto da costruire strumenti o da scagliare pietre e lance con una mira precisa fino a quando fossero state usate abitualmente per la locomozione» (Darwin, 2017). È importante qui notare l'uso del termine *perfezionate*, da cui si evince l'enfasi sull'adattamento e sulla perfezione che caratterizzarono il pensiero evuzionista fino agli inizi del XX secolo.

Pensate alle nostre povere ginocchia! Sono tutt'altro che perfette, come possono testimoniare le centinaia di migliaia di persone che ogni anno devono sottoporsi a un intervento chirurgico, in seguito a un eccessivo stiramento accidentale di ossa, tendini o muscoli del ginocchio, o a causa della semplice usura. Il passaggio evolutivo al bipedismo, a quanto pare, è il classico frutto di un compromesso in cui i benefici derivati dal camminare eretti furono in parte controbilanciati dall'impatto negativo sulle articolazioni delle ginocchia (per non parlare della tensione a cui sono sottoposti i fianchi e la colonna vertebrale).

Terzo, se pensiamo che l'evoluzione tenda verso la perfezione e sia sempre adattativa, ignoriamo i processi veri e propri che Darwin delineò come necessari perché l'evoluzione avesse luogo. Ricordiamo che il grande naturalista indicò la variazione come moneta corrente della trasformazione evolutiva. Se esistesse una soluzione perfetta a un problema evolutivo e non ci fosse invece la variazione necessaria a priori per giungere a quella soluzione, il processo dovrebbe accontentarsi di quello che c'è. Non si potrebbe in alcun modo combinare tutta la variazione che può portare a una qualche perfezione.

Questo problema deriva dal fatto che molti fattori nell'evoluzione sono accidentali e dipendono da ciò che si è evoluto prima. Spesso

infatti caratteristiche che saremmo tentati di considerare soluzioni perfette a un problema evolutivo particolare potrebbero essere comparse per ragioni del tutto scollegate dall'adattamento evolutivo. Gould e Lewontin indicarono le caratteristiche di questo tipo come *spandrels*, ossia “pennacchi”, facendo riferimento ad alcune delle magnifiche strutture architettoniche interne della grande cupola centrale di San Marco a Venezia. Gli splendidi mosaici della cupola si inseriscono “in modo perfetto” nei pennacchi di forma triangolare e si potrebbe quindi sostenere, sbagliando, che questi stessi mosaici siano il motivo per cui sono stati in prima istanza costruiti i pennacchi, vale a dire per accogliere quelle opere d'arte. In realtà i pennacchi sono lì soltanto perché si formano all'intersezione degli archi a tutto sesto che sostengono le pesanti cupole. I mosaici all'interno dei pennacchi sono stati inseriti in un secondo momento e non hanno nulla a che fare con i dettagli strutturali della cupola.

Nessuno di questi esempi ha lo scopo di sostenere che la selezione naturale sia un fattore di poca importanza nell'evoluzione. Infatti è matematicamente certo che questo processo agisce in qualsiasi popolazione formata da più individui che nascono e si riproducono. Qui però vale la pena di notare un aspetto importante: la selezione naturale agisce perlopiù come una forza che favorisce la stabilità e non il cambiamento, in quanto elimina gli estremi indesiderati e non vantaggiosi mantenendo l'intera popolazione il più possibile “adattata” alle condizioni esistenti. A ciò si aggiunge che la selezione naturale agisce necessariamente su tutto l'organismo e non solo sulle caratteristiche peculiari che si potrebbero perfezionare. In un mondo spietato non è molto vantaggioso in termini evolutivi essere l'individuo più veloce della popolazione o anche il più sveglio, se si è allo stesso tempo il più miope o quello con il minor numero di spermatozoi. L'individuo è un'entità straordinariamente complicata, il cui sviluppo è regolato da un sistema genetico molto complesso; è difficile pertanto capire come la selezione potrebbe isolare e favorire attributi peculiari se non in casi esclusivi, quando cioè le caratteristiche sono direttamente collegate alla riproduzione o alla sopravvivenza.

Un'altra considerazione vale poi in modo particolare per la linea di discendenza umana. La selezione naturale nella maggior parte dei casi agisce con lentezza cambiando in modo graduale la frequenza dei vari geni in risposta alla pressione ambientale nel passaggio da

una generazione all'altra. Ciononostante negli ultimi decenni i ricercatori hanno chiaramente dimostrato che l'evoluzione della linea di discendenza umana si è verificata in un periodo caratterizzato da ampie oscillazioni del clima e delle condizioni ambientali. Non c'erano dunque i presupposti per perfezionare un qualsiasi adattamento; anzi, il trucco per cavarsela in situazioni di questo tipo sta proprio nell'evitare, volendo usare un'analogia, di mettere nello stesso cesto tutte le proprie uova adattative.

Darwin ha cambiato il nostro modo di pensare all'evoluzione adottando per primo un punto di vista popolazionale nello studio della variazione in natura; senza questo tipo di approccio, non avrebbe mai potuto elaborare l'idea di selezione naturale. A sua volta questa nuova prospettiva incentrata sulla popolazione ci ha permesso di scoprire che sono le popolazioni a evolvere e non gli individui. E quando i biologi hanno finalmente compreso che sono i geni a controllare le caratteristiche osservabili in natura è emerso anche un modo nuovo per definire e interpretare l'evoluzione. Prima dell'avvento della genetica, la maggior parte della biologia evoluzionistica era fenomenologica, ossia basata sulla descrizione di fenomeni. Scoprire che un singolo gene può avere forme alternative (chiamate *alleli*) ci ha permesso di adottare anche un approccio quantitativo allo studio dell'evoluzione. Diciamo infatti che esistono due alleli, due varianti genetiche, per ciascun gene. Supponiamo di chiamare uno di questi alleli "A" e l'altro "a". Considerando un campione sufficientemente ampio di individui appartenenti a una data popolazione, possiamo dire che nella popolazione abbiamo, per esempio, il 50 per cento di A e il 50 per cento di a. Un'altra popolazione però potrebbe avere il 10 per cento di A e il 90 per cento di a e così via. Queste frequenze alleliche rappresentano uno strumento quantificabile che permette alla moderna biologia evoluzionistica di interpretare o definire la trasformazione evolutiva in termini di cambiamento delle suddette frequenze in una popolazione. È importante però non limitarsi a considerare questo aspetto, perché non è soltanto la frequenza dei geni a cambiare nel tempo; i geni stessi lo fanno, e per ragioni diverse che vedremo tra poco. In natura possiamo osservare differenze molto marcate nelle modalità riproduttive degli organismi (i batteri, per esempio, lo fanno per clonazione mentre noi abbiamo una riproduzione sessuata). A queste si aggiungono anche i molti modi diversi

da cui può derivare la variazione. Così, mentre nella maggior parte degli organismi sono soprattutto le mutazioni della linea germinale (ovvero le cellule riproduttive) a produrre variazione, nei batteri (che pure traggono vantaggio dalle mutazioni) può anche avvenire il trasferimento diretto dei geni per via asessuata. Ciononostante per quasi tutti gli organismi del nostro pianeta, dai batteri fino alle balene, valgono più o meno le stesse regole per quanto riguarda la frequenza degli alleli e la sua ricaduta sull'evoluzione. E poiché gli esseri umani si inseriscono piuttosto bene in questo spettro di variazione è molto utile per noi riuscire a stabilire quali sono le regole fondamentali dell'evoluzione se vogliamo comprendere la storia biologica umana. Ecco perché nei prossimi capitoli ritorneremo più volte a queste prime lezioni sull'evoluzione.