

LA COLLANA
DEI CASI
135

DELLO STESSO AUTORE:

*Alla ricerca del predatore alfa
Spillover*

David Quammen

L'ALBERO INTRICATO

UNA NUOVA E RADICALE STORIA DELLA VITA

Traduzione di Milena Zemira Ciccimarra



ADELPHI EDIZIONI

TITOLO ORIGINALE:

The Tangled Tree
A Radical New History of Life

© 2018 DAVID QUAMMEN

Originally published in the United States by Simon & Schuster Inc.
All rights reserved, including the right to reproduce this book
or portions thereof in any form whatsoever

© 2020 ADELPHI EDIZIONI S.P.A. MILANO

WWW.ADELPHI.IT

ISBN 978-88-459-3480-3

Anno

2023 2022 2021 2020

Edizione

1 2 3 4 5 6 7 8

INDICE

Tre sorprese. Un'introduzione	11
PARTE PRIMA. Il piccolo schizzo di Darwin	21
PARTE SECONDA. Una forma di vita separata	59
PARTE TERZA. Fusioni e acquisizioni	137
PARTE QUARTA. Il grande albero	195
PARTE QUINTA. Eredità infettiva	247
PARTE SESTA. <i>Ars topiaria</i>	307
PARTE SETTIMA. <i>E pluribus humanum</i>	355
<i>Ringraziamenti</i>	437
<i>Note</i>	443
<i>Bibliografia</i>	459
<i>Crediti delle illustrazioni</i>	513
<i>Indice analitico</i>	515

L'ALBERO INTRICATO

*A Dennis Hutchinson e David Roe,
i miei avvocati dell'anima*

TRE SORPRESE. UN'INTRODUZIONE

La vita nell'universo, per quanto ne sappiamo e a dispetto delle nostre più vivide fantasie, è un fenomeno molto singolare, e circoscritto al pianeta Terra. Ci sono una miriade di ipotesi e speculazioni probabilistiche che assumono il contrario, ma nessuna prova. Le probabilità matematiche e le condizioni chimiche sembrano effettivamente suggerire che la vita dovrebbe esistere anche altrove. Ma la concreta realtà di una forma di vita alternativa, ammesso che ci sia, è finora sfuggita a ogni tipo di indagine. È una supposizione, mentre la vita sulla Terra è un dato di fatto. Forse la stupefacente scoperta di esseri extraterrestri, annunciata per domani, per l'anno prossimo o per quando voi e io avremo ormai da tempo lasciato il pianeta, smentirà quest'impressione di unicità, ma per ora è quello che abbiamo: la vita è una storia che si è svolta soltanto qui, su una sfera di roccia relativamente piccola, in un angolo trascurabile di una galassia di medie dimensioni. È una storia che, sulla base delle informazioni di cui disponiamo, ha avuto luogo una volta sola.

La forma assunta da questa storia, nelle linee generali così come nei più minuti dettagli, riveste quindi un certo interesse.

Che cosa, nel corso di quattro miliardi di anni circa, ha

portato la vita dalle sue origini primordiali alla sfolgorante varietà e complessità che oggi abbiamo davanti agli occhi? E come? Quale concatenazione di caso e necessità ha prodotto creature straordinarie quali gli uomini – o le balenottere azzurre, i tirannosauri e le sequoie giganti? Sappiamo che la storia evolutiva è segnata da transizioni cruciali, improbabili episodi di convergenza, vicoli ciechi, estinzioni di massa, avvenimenti grandi, o magari piccoli ma con grandi conseguenze – comprese alcune contingenze faticose che hanno lasciato ovunque impercettibili tracce nei resti fossili e nell'intero mondo vivente. Se in una sorta di esperimento mentale alterassimo quelle poche contingenze, tutto sarebbe diverso. Noi non esisteremmo, e nemmeno gli animali e le piante. Perché le cose sono andate in quel modo, e non in un altro? Le religioni hanno le loro risposte a domande di questo genere, ma per la scienza le risposte devono essere scoperte e poi convalidate con prove empiriche, non ricevute in uno stato di sacra estasi.

Questo libro parla di un nuovo metodo di raccontare quella storia, di ricostruirla, e di alcune intuizioni inaspettate che ne sono derivate. Il metodo ha un nome: « filogenetica molecolare ». Storcete pure il naso se volete, lo farò anch'io, ma in realtà quest'espressione bizzarra significa qualcosa di piuttosto semplice: interpretare la storia profonda della vita e i rapporti di parentela tra le specie a partire dalla sequenza delle unità costitutive di determinate molecole lunghe, così come queste molecole si presentano nelle odierne creature viventi. Le molecole in questione sono principalmente DNA, RNA e un numero ristretto di proteine. Le unità costitutive sono basi nucleotidiche e amminoacidi – di cui daremo più avanti una definizione più puntuale. Le intuizioni inaspettate hanno rimodellato in maniera radicale quel che pensiamo di sapere sulla storia della vita e sulle componenti funzionali degli esseri viventi, compresi noi stessi. In particolare, ci sono state tre grandi sorprese rispetto a chi e cosa siamo – noi animali multicellulari, e più specificamente noi uomini –, e al modo in cui si è evoluta la vita sul nostro pianeta.

Una di queste tre sorprese riguarda un tipo anomalo di creature, un'intera categoria di forme di vita di cui nessu-

no sospettava l'esistenza note oggi con il nome di « archei » (che prende la maiuscola e diventa *Archaea* quando si usa la categoria tassonomica formale). Un'altra è una modalità di cambiamento ereditario altrettanto inaspettata, chiamata ora « trasferimento genico orizzontale ». La terza è una rivelazione, o comunque una ipotesi molto probabile, sui nostri più remoti antenati. Noi stessi – noi uomini – discendiamo con tutta probabilità da creature di cui, fino a quarant'anni fa, non si conosceva ancora l'esistenza.

La scoperta e l'identificazione degli archei, che erano stati a lungo scambiati per sottogruppi dei batteri, hanno rivelato che l'attuale vita su scala microbica è molto diversa da come la scienza l'aveva descritta in precedenza, e che anche la vita ai suoi albori era molto diversa. Il riconoscimento del trasferimento genico orizzontale (HGT, *horizontal gene transfer*) come fenomeno diffuso ha ribaltato la tradizionale certezza che i geni vengano trasmessi solo in linea verticale, dai genitori alla prole, e non possano essere scambiati lateralmente scavalcando i confini di specie. L'ultima novità sugli archei è che tutti gli animali, tutte le piante, tutti i funghi e tutte le altre creature complesse formate da cellule dotate di DNA all'interno del nucleo – e la lista include anche noi – provengono da questi strani, antichi microbi. Forse. È uno shock, un po' come scoprire che il proprio bis-bis-bis-bisnonno non veniva dalla Lituania ma da Marte.

Prese assieme, queste tre sorprese suscitano nuove e profonde incertezze, e hanno grosse implicazioni relative all'identità, l'individualità e la salute umane. Non siamo esattamente quelli che pensavamo di essere. Siamo creature composite e le nostre origini sembrano affondare in una zona buia del mondo vivente, un gruppo di creature di cui la scienza fino a pochi decenni fa era all'oscuro. L'evoluzione è più complessa, e ben più tortuosa di quanto pensassimo. L'albero della vita è più intricato. I geni non si spostano solo in senso verticale, ma anche lateralmente. Possono attraversare i confini di specie, o divari più ampi, perfino passare da un regno a un altro, e alcuni sono entrati lateralmente nella nostra linea di discendenza, quella dei primati, da fonti estranee e insospettite. È l'equivalente genetico di

una trasfusione di sangue o (per usare una metafora diversa, che alcuni scienziati preferiscono) di un'infezione che trasforma l'identità. Una «eredità infettiva». Dirò di più in merito al momento opportuno.

Nel frattempo, a proposito di infezione: un altro effetto di questo spostamento di geni laterale riguarda la sfida globale posta alla medicina dai batteri resistenti agli antibiotici, una crisi silente destinata in futuro a fare più rumore. Microbi pericolosi come lo *Staphylococcus aureus* resistente alla meticillina o MRSA (da *methicillin-resistant Staphylococcus aureus*), che ogni anno uccide oltre undicimila persone negli Stati Uniti e molte altre migliaia nel resto del mondo, possono acquisire all'improvviso interi corredi di geni per la farmacoresistenza, da tipi di batteri completamente diversi, attraverso il trasferimento genico orizzontale. È per questo che il problema dei microrganismi multifarmacoresistenti – dei superbatteri invulnerabili – si è diffuso in maniera così rapida nel mondo. Simili rivelazioni, al tempo stesso pratiche e profonde, ci impongono improvvisamente di modificare il nostro fondamentale modo di intendere chi siamo noi uomini, cosa ha contribuito a crearci e in che modo funziona il mondo vivente.

Questa complessiva, radicale rettifica del pensiero biologico è derivata da diversi punti di origine nello spazio e nel tempo. Uno tra questi, forse il più cruciale, merita di essere menzionato qui: il tempo è l'autunno del 1977, il luogo Urbana, nell'Illinois, dove un uomo di nome Carl Woese posa spavaldo per un fotografo del «New York Times», seduto alla sua scrivania con i piedi poggiati sul ripiano, davanti a una lavagna piena di appunti e cifre. L'articolo del «Times» per cui la foto venne scattata, in cui si annunciava che Woese e i suoi colleghi avevano scoperto «una forma di vita separata», un «terzo regno» di forme biologiche che si aggiungeva ai due già riconosciuti, apparve il 3 novembre 1977. Era in prima pagina, al centro e in alto, e relegava ai lati i pezzi sul rapimento dell'ereditiera Patty Hearst e su un embargo delle armi contro il regime dell'apartheid in Sudafrica. In altre parole, era una notizia importante, e questo a prescindere dal fatto che il lettore medio del «Times» potesse o meno comprendere,

da un resoconto così asciutto, che cosa s'intendesse esattamente con « una forma di vita separata ». ¹ Quell'articolo segnò l'apice della fama di Woese: un « quarto d'ora di celebrità », per ripetere Andy Warhol, e poi di nuovo in laboratorio. Woese apportò al suo settore di studio e alla storia della vita cambiamenti radicali, eppure rimane sconosciuto alla maggior parte delle persone estranee alle stanze riservate della biologia molecolare.

Carl Woese era un uomo complicato – accanitamente dedito al proprio lavoro e molto riservato –, che seppe cogliere al volo questioni profonde e mise assieme tecniche ingegnose per indagarle, che sfidò alcune delle regole del decoro scientifico, si fece dei nemici, ignorava i convenevoli, diceva quello che pensava, si concentrò in maniera ossessiva sul suo programma di ricerca tralasciando in gran parte ogni altro interesse e realizzò almeno una o due scoperte che fecero tremare i pilastri del pensiero biologico. Per gli amici intimi era un tipo alla mano e divertente, caustico ma ironico, appassionato di jazz, amante della birra e dello scotch e pianista amatoriale. Per i suoi dottorandi, dottori di ricerca e assistenti di laboratorio – almeno per la maggior parte di loro – era un buon capo e un mentore stimolante, a volte (ma non sempre) generoso, saggio e premuroso.

Come docente in senso più stretto – insegnava microbiologia all'Università dell'Illinois – era quasi inesistente. Non aveva la pazienza di spiegare l'abbicci dei batteri davanti a schiere di studenti bramosi d'imparare e a digiuno di ogni nozione. Le lezioni non erano il suo punto di forza, né gli interessavano particolarmente, e persino quando presentava il suo lavoro ai convegni scientifici mancava di efficacia espressiva. Non gli piacevano i congressi. Non amava viaggiare. All'interno del suo laboratorio non creava una gioiosa atmosfera di cameratismo, ospitando seminari e feste natalizie e facendosi ritrarre in foto di gruppo, come fanno molti scienziati con funzioni direttive. Aveva il suo manipolo scelto di giovani amici, e alcuni di loro ricordano bei momenti, risate e grigliate con birra a volontà a casa di Woese, che si trovava appena a pochi passi dal campus universitario. Ma quegli amici erano i pochi eletti che

erano riusciti in qualche modo, grazie al loro fascino personale o per buona sorte, a penetrare la sua corazza.

Più in là negli anni, quando i riconoscimenti nei confronti di Woese crebbero, fruttandogli onorificenze di tutti i tipi eccetto il premio Nobel, pare fosse cresciuto anche il suo risentimento. Si considerava un outsider. Fu eletto membro della National Academy of Sciences, un ente prestigioso, ma solo tardi, a sessant'anni, e questo lo irritava. Secondo alcune voci, si allontanò dalla propria famiglia – la moglie e due figli, di rado menzionati nei resoconti che pubblicò delle sue fatiche scientifiche. Era un uomo scontroso ma brillante, e il suo lavoro avviò una drastica revisione di uno dei più basilari concetti della biologia: l'idea dell'albero della vita, la grande immagine arborea delle parentele e delle divergenze evolutive. Per questa ragione, il momento trionfale di Woese a Urbana, il 3 novembre 1977, ha il suo posto accanto al nucleo centrale di questo libro.

Altri scienziati e altre scoperte sono collegati a Woese e al suo albero. Per esempio Fred Griffith, fisico inglese poco conosciuto, che a metà degli anni Venti del Novecento, mentre svolgeva ricerche sulla polmonite per conto del ministero della Salute britannico, notò tra i batteri una mutazione imprevista: un ceppo innocuo che all'improvviso, di punto in bianco, si trasformava in un altro ceppo mortalmente virulento. Si trattava di un'osservazione importante in termini di salute pubblica (la polmonite batterica era a quei tempi tra le principali cause di morte), ma era anche, cosa che sfuggì allo stesso Griffith, un indizio di verità più profonde nel campo della scienza pura.

Il meccanismo della sconcertante trasformazione svelata da Griffith rimase oscuro fino al 1944, quando un tranquillo, meticoloso ricercatore del Rockefeller Institute di New York, Oswald Avery, identificò la sostanza, il « principio trasformante », in grado di causare questo improvviso cambiamento nell'identità di un batterio. Era l'acido deossiribonucleico, il DNA. Meno di dieci anni dopo, Joshua Lederberg e i suoi colleghi dimostrarono che questo tipo di trasformazione, ribattezzata « eredità infettiva », è un processo abituale e importante nei batteri – e, come lavori successivi avrebbero mostrato, non solo nei batteri.

Nel frattempo Barbara McClintock, la quale studiando la genetica del mais scoprì nella sua pianta preferita alcuni geni che saltano da un punto all'altro dei cromosomi, lavorò con ben poco supporto e riconoscimento negli anni più produttivi della sua carriera, per poi ricevere un premio Nobel all'età di ottantun anni.

Lynn Margulis, microbiologa formatasi a Chicago, unica sotto quasi ogni punto di vista, ebbe in comune almeno una cosa con McClintock: la frustrazione di vedersi trattare da alcuni colleghi come una donna eccentrica e cocciuta. Nel caso di Margulis, per aver riesumato una vecchia idea considerata da tempo assurda: l'endosimbiosi. Con questo termine Margulis intendeva, grossomodo, l'integrazione cooperativa di creature viventi all'interno di altre creature viventi. Vale a dire, non solo creature minuscole nello stomaco o nel naso di creature grandi, ma cellule all'interno di cellule. Più precisamente, Margulis sosteneva che le cellule da cui è formato ogni organismo vivente che appartiene alle più complesse divisioni della vita – ogni essere umano, ogni animale, ogni pianta e ogni fungo – sono creature chimeriche, composte da batteri catturati dentro ricettacoli non batterici. Quei particolari batteri si sono tramutati, nel corso di estesi periodi di tempo, in organi cellulari. Immaginate un'ostrica, trapiantata in una mucca, che diventa un rene bovino funzionante. Sembrava un'idea folle quando Margulis la propose nel 1967. Ma in gran parte aveva ragione.

Anche Fred Sanger, Francis Crick, Linus Pauling, Tsutomu Watanabe e altri scienziati giocarono un ruolo cruciale in questa catena di eventi, talvolta per la loro forte personalità oltre che per l'acume scientifico. In un passato un po' più remoto troviamo figure oscure come Ferdinand Cohn, Edward Hitchcock e Augustin Augier, e altre più note, tra cui Ernst Haeckel, August Weismann e Carl Linnaeus. E in mezzo a loro risorge inesorabile il fantasma di Jean-Baptiste Lamarck, per aggirarsi furtivo nelle tenebre del pensiero evuzionistico.

Queste persone, che hanno tutte contribuito a un drastico cambiamento scientifico, sono di ulteriore interesse per il modo in cui la loro opera si è sviluppata a partire

dalle loro esistenze. Ci ricordano che la scienza stessa, per quanto precisa e oggettiva, è un'attività umana. È un modo non soltanto di conoscere, ma di interrogarsi. È un processo, non un corpo di fatti o di leggi. Come la musica, la poesia, il baseball e le partite a scacchi dei grandi maestri, è qualcosa di meravigliosamente imperfetto fatto dalle persone, su cui si riconoscono dappertutto le impronte sbavate della nostra umanità.

Gli esseri umani non sono gli unici personaggi importanti di questo libro. Ci sono molte altre creature viventi, il cui passato e le cui stranezze peculiari illustrano momenti della storia che cercherò di raccontare. Molte di esse sono microbi – quei batteri a cui ho accennato, quegli archei e altri esserini minuscoli. Non vi lasciate ingannare dalle loro dimensioni ridotte; hanno un impatto e implicazioni ben più grandi. E non fatevi scoraggiare dai loro nomi, che sono per lo più in latino: *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium*, *Methanobacterium ruminantium* e altri scioglilingua mostruosi. Se uso quei nomi, non è perché mi piaccia il linguaggio astruso ma perché non ne esistono altri. Ai microbi in genere non sono concessi nomi comuni a livello di specie, appellativi informali come giraffa meridionale, passero oliva, farfalla monarca e drago di Komodo. Se il batterio noto come *Haemophilus influenzae* potesse essere chiamato in maniera altrettanto accurata pizzica-naso di Fleming, vi assicuro che lo farei.

C'è un altro personaggio, appartenente al genere umano, che andrebbe introdotto qui. Si tratta di un microbiologo americano barbuto incline alla meditazione filosofica, che sta defilato in un'università della Nuova Scozia. Quest'uomo ha collegato Carl Woese, Lynn Margulis e molta della più recente ricerca in filogenetica molecolare in una pungente sfida alla metafora centrale della biologia. Il suo nome è Ford Doolittle. È alto, esitante nei modi ma non nel pensiero, e gli piace provocare un po' di scompiglio intellettuale. Alla svolta del millennio, Doolittle pubblicò un articolo intitolato *Sradicare l'albero della vita*, che contribuì a scatenare una valanga di controversie. Lo conobbi attraverso quell'articolo e gli altri suoi scritti a esso collegati, in particolare quelli in cui parlava del trasferimento ge-

nico orizzontale e delle sue implicazioni. « Orizzontale...? » fu il mio primo pensiero. Poi mi recai in pellegrinaggio a Halifax e mi accampai per giorni nel suo ufficio. Doolittle è in semi-pensionamento: continua a seguire dottorandi e dispone ancora di cospicui e prestigiosi fondi di ricerca, ma non coltiva più batteri radioattivi in laboratorio per dedurre pezzettini del loro genoma (la totalità del DNA) da immagini fissate su lastre radiografiche. Non estrae più segmenti di molecole tramite gel elettroforetici, come faceva ai tempi pionieristici della ricerca molecolare. Legge, pensa, scrive, disegna (scatta anche foto d'arte, soprattutto per svago personale, e ogni tanto allestisce una mostra, ma questo è un ambito d'attività completamente diverso). In effetti, se Doolittle è diventato tanto influente, lo deve anche, oltre che alle sue competenze biologiche, al fatto che scrive molto meglio della maggior parte degli scienziati – e disegna abilmente, trasformando concetti difficili in aggraziate forme vignettistiche. Il padre di Doolittle era pittore e professore di storia dell'arte. Da giovane Ford considerò anche lui la carriera artistica, ma suo padre diceva che era « un pessimo modo per guadagnarsi da vivere ». Poi, quando aveva quindici anni, nel 1957, i sovietici mandarono lo Sputnik nello spazio, persuadendo Ford e molti altri americani che scienza e ingegneria fossero le occupazioni più solide e urgenti. Andò all'Harvard College e studiò biochimica, ma l'impulso artistico non lo ha mai abbandonato. Oggi per illustrare il suo pensiero sovversivo e le sue geniali provocazioni, disegna alberi che non sono alberi.

Woese, Doolittle, Margulis, Lederberg, Avery, Griffith e gli altri – tutti loro hanno un ruolo in questa storia. Ma un punto di inizio più naturale del nostro racconto si situa molto prima nel tempo: nel 1837, a Londra, con uno scienziato molto diverso, in una situazione molto diversa.