

“L'intricato albero della vita” nel caro, vecchio, pianeta infetto in cui viviamo

L'albero intricato è l'ultimo libro del giornalista e scrittore David Quammen, l'autore di *Spillover*, best seller di questa pandemia. Due libri che raccontano **salto di geni, salto di virus, salto di paradigma**, ma non solo. Sono più di 500 pagine, di non facile lettura, che contengono una gran mole di fatti. Ne accenneremo solo ad alcuni, ne aggiungeremo pochi altri. Il volume, uscito nel 2018, col titolo *The Tangled Tree*, e pubblicato oggi in Italia da Adelphi, è complesso, aggrovigliato come l'albero del suo titolo, ma come potrebbe non esserlo dato che indaga sull'albero della vita, cioè sull'inizio e sulla evoluzione della vita in questo pianeta infetto:

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?

Si accenna a scoperte emozionanti, spesso controverse, si parla di concetti difficili come **filogenesi, simbiogenesi, endosimbiosi, trasferimento orizzontale di geni, antibiotico-resistenza**, e si aprono nuovi orizzonti. Ampio spazio (troppo?) viene dato anche alle *“impronte sbavate della nostra umanità”* cioè agli aneddoti della vita personale, talvolta esemplari, talvolta addirittura riprovevoli, dei tanti scienziati menzionati: 160 circa, fra cui Lynn Margulis; Barbara Mc Clintock Nobel per la medicina nel 1983, per i geni che saltano; Ford Doolittle; Carl Woese, premio Nobel mancato, il protagonista principale del libro, che termina raccontando i suoi ultimi giorni.

E' un libro pieno di possibilità, che si può leggere in tanti modi, perché contiene molti libri diversi. Leggendolo, rileggendolo, senza fretta, dando il tempo al testo di decantare, di attivare vie trasversali, di raccontare altre storie, è come scoprire con la luce di una torcia: *“un'immensa caverna calcarea piena di stupefacenti pitture rupestri del Neolitico”*.

*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.*

Che cos'è un individuo? Siamo composti di moltitudini. Non siamo individui, siamo come dei licheni, o degli *olobionti*, cioè assemblaggi simbiotici, costituiti da un insieme di organismi diversi, che hanno bisogno gli uni degli altri per sopravvivere, che si comportano come un tutto ed i confini tra una specie e l'altra non sono così chiari e impermeabili come pensavamo.

Il primo albero della vita

Lo disegnò **Charles Darwin**, nel 1837 con uno schizzo sul taccuino B: "Io penso", sta scritto in cima alla pagina 26. Vi è rappresentata una versione vegetale, arborea dell'evoluzione. Ne seguiranno tante altre, dalla grande quercia di Haeckel (1879), al fico d'india di Whittaker (1969), all'albero reticolato di Martin (1999), al progetto online Open Tree of Life (2015), al ventaglio della vita di Jill Banfield/Uc Berkeley e Laura Hug (2016), per citarne solo alcune.

Forse, scrisse Darwin, l'albero della vita dovrebbe essere chiamato **il corallo della vita**, giacché la base delle ramificazioni è morta.

Ma il modello dell'albero è vincente, è un simbolo globale che salta sempre fuori, a raccontare storie spesso impossibili, dall'albero di Adamo ed Eva, al melo di Newton, ai *dendriti* del sistema nervoso, da *dendron*, che in greco significa appunto albero. Le piante, gli animali e i batteri, provengono da un antenato comune, secondo linee di discendenza verticali ed hanno rami sempre divergenti, sosteneva Darwin, che non poteva sapere che non tutto ciò che sale deve convergere, che i rami si possono anche incrociare, inosculare e generare nuovi rami. L'evoluzione non è un cambiamento di linee evolutive isolate, ma una storia di un fluire costante, di continue trasformazioni, di fusioni, di frontiere porose, di ibridazioni, di collaborazioni con altre forme di vita che sono entrate in noi e che ci aiutano a essere ciò che siamo.

I tre domini della vita: archei, batteri, eucarioti

Circa 140 anni dopo quello schizzo di Darwin, Carl Woese, un grande scienziato, un uomo complicato lo definisce Quammen, mise a punto un metodo per confrontare le sequenze geniche, le parentele fra i vari organismi, sequenziando l'RNA ribosomiale 16S (18S per gli eucarioti), *“quella molecola speciale che era diventata la sua stele di Rosetta, la chiave per decifrare la prima fase dell'evoluzione della vita”*. Scoprí così *“una forma di vita separata”*, *“un terzo regno”* : gli **archei**. I domini della vita, virus esclusi, fino ad allora, erano due: i Batteri (o organismi Procarioti, cioè senza nucleo) e gli organismi Eucarioti, nucleati, che comprendono tutti quanti gli organismi multicellulari, che includono l'essere umano, gli animali, le piante, i funghi, più certi organismi monocellulari complessi come le amebe. **Noi siamo eucarioti**, abbiamo cellule più grandi dei batteri organizzate con un certo numero di strutture specializzate all'interno. Fra queste i mitocondri, fabbriche di energia ereditate dal solo genitore di sesso femminile, che discendono da batteri addomesticati (vedi poi), ed i ribosomi, fabbriche di proteine che contengono varie porzioni di RNA ribosomiale, 'la stele di Rosetta' di Woese. Le piante, le alghe hanno una struttura ulteriore: i cloroplasti, dove avviene la fotosintesi.

Gli archei

Sono organismi unicellulari, antichissimi risalenti forse a 3 miliardi e mezzo di anni fa, esseri minuscoli e strani, differenti dai batteri, per l'assenza di peptidoglicano nella parete. Si nutrono di metalli, di idrogeno, di ammoniaca, oltre che dei più normali zuccheri. Sono organismi **'estremofili'**, capaci cioè di vivere in condizioni estreme, come i deserti di sale, i vulcani sottomarini, le sorgenti calde, sotto le calotte di ghiaccio della Groenlandia, in luoghi inquinati, in fondo agli oceani. Fra questi ci sono, i metanogeni (batteri che producono metano), gli alofili (batteri amanti del sale), i termoacidofili (batteri amanti del caldo).

Il trasferimento genico orizzontale

In *Spillover* Quammen racconta i **salto** di patogeni pericolosi come i coronavirus, dagli animali all'uomo, nell'*Albero intricato* descrive i salti di pezzi di codice genetico, nello stesso genoma, tra una cellula e l'altra, e perfino tra specie distinte. *“Quelli di un rettile possono finire in un volatile. Quelli di un batterio possono finire in un altro batterio. Oppure in un essere umano”*. Si sta parlando dei *trasposoni*, che si trovano sia nel genoma delle cellule procariotiche sia in quello delle cellule

eucariotiche. Sono sequenze di DNA mobile, note anche come **geni saltanti** a causa della loro capacità di replicarsi in nuove posizioni del genoma di cui fanno parte o in genomi di altre specie. In questo secondo caso lo spostamento avviene secondo un meccanismo, chiamato trasferimento genico orizzontale (TGO oppure in inglese HGT horizontal gene transfer), per distinguerlo dal "trasferimento genico verticale" che si verifica tra genitori e prole. E' un cambio di paradigma, una scoperta molto importante, che all'inizio si credeva circoscritta solo agli archei, ai batteri nel periodo ancestrale della vita, poi si è visto che il TGO è stato molto più diffuso del previsto nel corso dell'evoluzione, cambiando radicalmente anche il genoma dei mammiferi.

L'antibiotico-resistenza

E' un effetto collaterale del trasferimento genico orizzontale, cui è da addebitare anche la trasformazione di certe cellule normali in cellule tumorali. L'antibiotico resistenza è diventata una delle minacce più pressanti per la salute pubblica. Si stima che contribuisca a 700mila decessi all'anno nel mondo. **L'Italia detiene il triste primato delle morti da resistenza agli antibiotici nella UE**, con oltre 10mila decessi ogni anno, su 33mila circa in Europa. I batteri attivano un trasferimento laterale, di sezioni del loro genoma da un batterio a un altro, che alcuni chiamano 'sesso batterico', anche fra batteri di specie diverse, persino all'interno del nostro corpo, moltiplicandosi ad una velocità estremamente superiore a quella delle cellule umane. L'escherichia coli produce in due anni e mezzo lo stesso numero di generazioni che la specie umana produrrebbe in 2 milioni di anni. *"Uno stafilococco può impiegare anni a sviluppare una resistenza alla meticillina, ma potrebbe passare in un istante quella resistenza allo streptococco. E lo streptococco [...] trasmettere la resistenza alla salmonella[...]E' per questo che il problema dei microorganismi multifarmacoresistenti-dei superbatteri invulnerabili [i cosiddetti superbugs]-si è diffuso in maniera così rapida nel mondo".*

Non-alberi, ragnatele, spaghetti

Nel 1990 Woese ridisegnò **l'albero della vita a tre domini**, insieme a Kandler e Wheelis. Il tronco emergeva dal '*progenote*', uno stato ancestrale comune, un brodo primordiale a RNA, un'orgia di materiali aggregati senza membrane delimitanti, un mondo che avrebbe preceduto di circa un miliardo di anni la prima cellula. Un mondo dominato dal trasferimento genico orizzontale. Dal tronco

si dipartono tre rami, ognuno etichettato come eucarioti, archei e batteri. Ma anche questo modello era fortemente inesatto. Con il progresso delle tecnologie di sequenziamento del genoma e degli strumenti bioinformatici, si è visto che la storia della vita non si può disegnare come un comune albero, ma piuttosto come una ragnatela, **come una rete**, *'come un piatto di spaghetti'*.

Miceli e rizomi

Vegetalizzando, questa rete assomiglia a quei reticoli di miceli che connettono tra loro gli alberi (wood wide web, in inglese) oppure ricorda un rizoma. Il **rizoma** cresce orizzontalmente e ha struttura diffusiva, reticolare, anziché arborescente. Il rizoma, da un punto di vista filosofico/politico, è **un anti-albero**, un'anti-radice, un'anti-struttura, un sistema decentralizzato, non gerarchico (vedi Gilles Deleuze e Félix Guattari , *Mille piani. Capitalismo e schizofrenia* (1980), Castelvecchi).

La natura è fundamentalmente competitiva o cooperativa?

*'Il principio è immancabilmente lo stesso, scrive il neuroscienziato Damasio (nel libro *Lo strano ordine delle cose*), gli organismi rinunciano a qualcosa in cambio di qualcos'altro che altri organismi possono offrire loro;[...]La cosa a cui i batteri o le cellule nucleate o i tessuti o gli organi in generale rinunciano è l'indipendenza. In cambio, essi accedono ai **"beni comuni"**, a quei beni che derivano da un'organizzazione cooperativa'.*

E' il principio dell'**endosimbiosi**, o *'dell'intimità tra sconosciuti'*, esposto dalla microbiologa Lynn Margulis nel 1975. Con endosimbiosi si *'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 [...] le cellule da cui è formato ogni organismo vivente...sono creature chimeriche, composte da batteri catturati...Quei particolari batteri, si sono tramutati, nel corso di estesi periodi di tempo in organi cellulari'*.

I mitocondri ed i cloroplasti sono i discendenti di batteri catturati

Nel corso forse di 2 miliardi di anni, dei batteri incorporati sono divenuti *'parte del macchinario interno alle cellule dalle quali sono derivate le nostre cellule'*. Nelle cellule umane i

batteri catturati, addomesticati, si sono trasformati in **mitocondri**; nelle cellule vegetali ed in alcune alghe sono divenuti **cloroplasti**, che discendono da batteri fotosintetici addomesticati, *'che assorbono l'energia solare e la impacchettano sotto forma di zuccheri. Svolgono la fotosintesi'*.

Siamo un mosaico

La teoria endosimbiotica ha riscritto la storia della vita. ***'La teoria dell'endosimbiosi stabilisce che siamo tutti creature composite, non puramente ed inequivocabilmente singoli'***. Oggi si pensa che gli eucarioti siano chimere evolutive sorte attraverso la fusione endosimbiotica, di batteri e archei. L'individuo umano, è così un insieme di forme di vita e geni di varia origine. Ciascuno di noi contiene alcune centinaia di trilioni di cellule batteriche, appartenenti a migliaia di 'specie' batteriche diverse. **I nostri genomi sono mosaici**, composti per circa l'8% da residui di retrovirus (come la sincitina-2 un gene cooptato da un retrovirus, che ha infettato i nostri progenitori milioni di anni fa e che ha reso possibile la gravidanza umana), da geni di Neanderthal, da autentici geni di scimpanzè, *'tanto che alcune parti del nostro genoma ancora oggi, sembrano più scimmiesche che umane'*. *'L'associazione è ben più della somma delle sue parti'*, disse Lynn Margulis.

Il ventaglio della vita

I microbi governano il mondo e una larghissima parte di questi microbi sono gli ubiqui **batteri**, che nel nostro corpo possono superare il numero di cellule umane in un rapporto di tre a uno, la cui massa totale supera quella di tutti gli animali e le piante presenti sul pianeta, batteri che esistono da almeno 3 miliardi e mezzo di anni. Gli umani non sono che una piccola parte piuttosto insignificante *'del ventaglio della vita'*

<http://www.nature.com/articles/nmicrobiol201648>

Questo nuovo albero ventaglio pubblicato in *Nature Microbiology* nell'aprile 2016 (di cui non si parla nel libro di Quammen), mostra che oltre due terzi della biodiversità totale è costituita da batteri (nella parte alta), mentre archei ed eucarioti, cioè uomo, piante ed animali, (in basso a destra) occupano meno di un terzo. I batteri, costituiscono la grande maggioranza dei viventi, e gran parte di essi non è ancora stata ufficialmente scoperta: vedi il gruppo descritto come *"candidate phyla radiation"* (sulla destra del ventaglio), costituito da batteri con stili di vita simbiotici. Questo nuovo albero fornisce la prova che la vita che

vediamo intorno a noi – piante, animali, umani e altri cosiddetti eucarioti – rappresenta solo una piccola frazione della biodiversità del mondo: stiamo ancora armeggiando nel buio, cercando di descrivere e classificare una biosfera che riusciamo a malapena a vedere.

Dai microbi il biorisanamento

Oltre 1.000 degli organismi che compaiono sull'albero ventaglio, provengono da ambienti estremi, tra cui una sorgente calda nel Parco Nazionale di Yellowstone, una salina nel deserto Atacama del Cile, sedimenti terrestri e umidi, il suolo di prati, un'acqua scintillante geyser, l'interno della bocca di un delfino. Negli ambienti estremi, nei siti inquinati, vivono comunità microbiche che si sono adattate a queste condizioni difficili e i cui membri sono spesso in grado di degradare i contaminanti. Basta pensare al batterio *Ideonella sakaiensis* che digerisce la plastica, oppure al *Marinobacter salarius* un batterio oceanico capace di degradare gli idrocarburi. Studiare i microbi estremofili ci può aiutare a disinquinare il mondo.

'Generate parentele, non bambini', è uno slogan di Donna Haraway

Dinanzi agli effetti devastanti del cambiamento climatico, del Capitalocene, per vivere dobbiamo ripensare la nostra umanità, mettere in un cassetto il creazionismo, l'antropocentrismo, il capitalismo e ripensare le relazioni con le altre specie, con il pianeta, con noi stessi, con gli altri, prendendo spunto dall'endosimbiosi: abbiamo bisogno gli uni degli altri.

"La vita non conquistò la Terra attraverso l'aspra lotta, bensì mediante la cooperazione tra specie" Lynn Margulis.

***Gian Luca Garetti**