

Scheda libro a cura di Lidia Zunino

**AUTORI:** Maurizio Casiraghi Telmo Pievani

**TITOLO:** **Uniti per la vita. Storie di simbiosi e cooperazione**

**LUOGO E ANNO DI PUBBLICAZIONE:** Bologna 2025

**EDITORE:** Il Mulino

**GENERE:** saggio divulgativo

**STILE:** argomentativo narrativo

**TEMATICHE:** riflessione storico filosofica sul concetto e sul valore adattativo e sulla diffusione delle simbiosi e della cooperazione fra gli organismi nella storia della vita, sull'emersione di nuovi concetti biologici legati a tali concezioni e sulla difficoltà ad accettare tale prospettiva a seconda del periodo storico e delle ideologia di riferimento

**DESTINATARI:** lettori interessati.

**MESSAGGIO:** il libro è un saggio che pone la cooperazione e la simbiosi al centro dell'evoluzione. Le relazioni simbiotiche risultano il motore fondamentale dell'evoluzione, nessun individuo vive davvero da solo, ogni specie è intrecciata alle altre, ogni individuo interagisce con i suoi simili, tutti fanno parte di una comunità in continuo scambio.

### **RIFLESSIONI/COMMENTI del gruppo di lettura**

Sono sette i capitoli presenti nel libro. Gli autori raccontano la storia di due personaggi che a lungo sono stati considerati menti visionarie e spiegati solo superficialmente, iniziano con la vita di Konstantin Sergeevic Merezhkovskij nella Russia di inizio 900 che nel 1905, con una delle sue intuizioni geniali, riesce a capire la vera natura dei cloroplasti come organismi indipendenti rispetto alla cellula che li ospita, pubblica il libro ***Sulla natura l'origine dei cromatofori nel regno delle piante.*** La sua teoria ha fulcro nella simbiosi e si fonda su alcune osservazioni, i cloroplasti morfologicamente e fisiologicamente sono simili ai cianobatteri, sottolinea il loro modo di duplicarsi che risulta svincolato dalle cellule in cui sono contenuti, la loro origine risulta indipendente.

Konstantin è stato uno squallido essere umano, nazista, pedofilo, ma anche ideatore, pensatore e scrittore, nei suoi lavori sostiene che la principale forza evolutiva è la cooperazione tra individui in società libere prive di un controllo autoritario. Nel 1921 muore con una complicata forma di suicidio.

Il secondo personaggio descritto è quello di Lynn Margulis Sagan, biologa visionaria e rivoluzionaria che negli anni 70 cambiò il modo di vedere l'evoluzione, dove compaiono gli organismi eucarioti attraverso un processo di cooperazione simbiotica tra procarioti diversi. Margulis sostiene la cooperazione o meglio la simbiosi che è il segreto dell'evoluzione, (cooperazione tra individui della stessa specie, quando il beneficio reciproco coinvolge specie diverse si ha la simbiosi).

La teoria di Margulis viene accettata dalla comunità scientifica soltanto alla metà degli anni 80, il trionfo risulta tardivo e sofferto, per molti anni è stata definita fantasiosa (difficoltà presenti anche in Katalin Karikò premio Nobel per la medicina, ritrovate nella lettura del libro ***Nonostante tutto. La mia vita nella scienza***)

Lynn apprezza l'opera di Darwin, secondo lei la selezione naturale fa solo da setaccio, elimina il meno adatto, ma la vera natura dell'evoluzione è la simbiosi tra specie differenti. Per lei l'evoluzione è una sequenza di simbiosi, eventi rapidi veri e propri salti per simbiosi (contro il gradualismo della teoria darwiniana). Evidenzia il trasferimento genico orizzontale con l'endosimbiosi come inglobamento di un intero genoma dentro un altro organismo. L'albero di Darwin va corretto, risulta intricato pieno di connessioni reticolari, una ragnatela di connessioni. Nell'evoluzione la maggior sorgente di variazione non sono quindi le mutazioni, ma le fusioni in orizzontale tra i genomi (così nascono specie non solo per divergenza, ma anche per convergenza). La selezione naturale non esclude forme di associazione e di cooperazione, si parla di sintesi evolutivistica estesa.

Lynn Margulis nel 1974 propone un'altra teoria insieme a James Lovelock ***l'Ipotesi Gaia***, il pianeta Terra deve essere considerato un grande sistema complesso, un insieme di reti di regolazione intrecciate che la rendono stabile e resistente. La Terra e la vita sulla Terra si sono trasformati a vicenda coevolvendo.

La biosfera è un'entità autorganizzata che grazie a cicli di regolazione intrecciati modifica le condizioni materiali e funzionali della propria sopravvivenza. Margulis considera la Terra come un sistema fisico in cui la vita si è annidata, diventando un simbiote, forma così un tutt'uno con il pianeta e lo modifica.

Simbiosi intracellulari, endosimbiosi, dove la cellula ospite e batterio si supportano a vicenda originando nel tempo una relazione stabile e obbligatoria, il batterio viene considerato come un nuovo organulo dalla cellula eucariote. La copertina del libro rappresenta *Elysia viridis*, un mollusco di mare che in fase di crescita si nutre di alghe verdi, ne assimila i cloroplasti e senza digerirli li trasferisce sulle cellule della parete corporea e grazie a loro svolge la fotosintesi.

Compare nel 4 capitolo il termine olobionte, introdotto dal biologo Adolf Meyer Abich, formato da organismi di specie diverse, che vivono insieme, l'intreccio delle reti geniche forma un solo genoma funzionale. La simbiosi è ovunque, contribuisce al nostro metabolismo e al nostro benessere attraverso il microbiota che abita l'intestino, la pelle, la bocca. Per questo motivo noi siamo degli olobionti.

Margulis ci ha fatto capire che la simbiosi è un fenomeno universale indispensabile per comprendere l'evoluzione. Le relazioni possono essere collaborative o antagoniste, spesso in equilibrio, il nostro genoma risulta un mantello di Arlecchino con contributi virali e frammenti genici provenienti da altre specie umane come Neanderthal e l'uomo di Denisova (specie trovate nel libro di Guido Barbujani *Come eravamo. Storie dalla grande storia dell'uomo*)

L'evoluzione è un bricolage come dice il genetista premio Nobel per la medicina Francois Jacob, ricicla e riadatta in continuazione l'esistente. Simbiosi e trasferimenti genici orizzontali introducono un'ulteriore variazione genica che si aggiunge alle mutazioni genetiche casuali e a quelle epigenetiche. La selezione quindi agisce su una gerarchia di entità disposte su livelli differenti.

Nel 1995 compare la teoria delle transizioni evolutive, dove attraverso processi simbiotici e collaborativi sono nati individui più complessi, con nuovi livelli di organizzazione. Questa teoria si aggiunge agli altri meccanismi di speciazione. La teoria della sintesi evuzionistica estesa, che supera quella della Sintesi Moderna tra genetica ed evoluzione, tende a valorizzare il ruolo attivo dell'organismo rispetto all'ambiente. La simbiosi viene descritta come una delle tante strategie con cui l'organismo manifesta il proprio fenotipo e interagisce con l'ambiente.

Compare il personaggio di Petr Kropotkin naturalista russo che in un volume del 1902 (*Il mutuo appoggio, un fattore dell'evoluzione*), racconta le sue osservazioni sulla fauna siberiana e fa notare che la legge fondamentale dell'evoluzione è la cooperazione e i legami di reciproco soccorso messi in atto per affrontare le avversità ambientali, il mutuo appoggio è la legge più importante dell'evoluzione che poi si estende alla specie umana. Si parla di un motore della solidarietà animale e umana che da origine alla fiducia reciproca e quindi al mutuo appoggio.

Già Darwin attribuiva all'altruismo una funzione difensiva sia verso l'ambiente ostile, sia verso altri gruppi della stessa specie. Il tema dell'altruismo viene confrontato non solo con Darwin, ma anche con i genetisti Haldane, Fisher e Wright e il mirmecologo Wilson e per finire con Price. Questi affronta la questione dell'altruismo in modo matematico, nel 1970 trova un'equazione che lo descrive.

Altruismo significa diventare parte di qualcosa di più grande, sentire legami di interdipendenza con gli altri, capire che il proprio successo dipende dal successo degli altri, ci si aiuta insieme. La simbiosi significa vivere insieme, diversi sono gli esempi riportati, dove due specie diverse collaborano per vivere meglio, il microbiota intestinale, le afidi delle piante, le cocciniglie, qui la simbiosi è matrioska perché il batterio che sfruttano contiene a sua volta un altro batterio.

Esistono simbiosi che partendo da due specie ne originano una terza, fungo e alga originano il lichene. Ancora vi sono simbiosi che nascono da conflitti come il calamaro delle Hawaii (*Euprymna scolopes*) che ospita batteri luminescenti che lo aiutano a confondere i predatori notturni, ma questi batteri attaccano il sistema immunitario del calamaro, che ogni giorno ne espelle il 90% nell'attesa che si riproducano per la volta successiva.

Il libro è accessibile, concetti complessi sono trasformati in storie di cooperazione, il saggio rilegge Darwin superando l'idea della sola competizione, risulta una lettura importante per comprendere le interazioni biologiche e l'evoluzione da una prospettiva moderna. Il messaggio chiave che arriva al lettore è la cooperazione come motore dell'evoluzione, molti sono i casi descritti di simbiosi, molte le riflessioni filosofiche, che bisogna leggere più volte per comprendere.

Dal saggio a mio parere si possono estrapolare delle parti da utilizzare con gli allievi per fare approfondimenti sul tema dell'evoluzione e non solo, trattandosi di un testo di confronto interdisciplinare si presta a lavori didattici coinvolgenti tra docenti di scienze e filosofia e allievi. (Lidia Zunino)

Mi attendevo un saggio su casi particolari di mutualismo, commensalismo e parassitismo che andassero ben al di là dei notissimi licheni, micorrize e *Rhizobium leguminosarum* ed in verità soprattutto nel terzo capitolo e nell'epilogo abbondano gli esempi di associazioni complesse, assimilabili a matrioske. I più curiosi: gli afidi che si nutrono della linfa delle piante, priva di aminoacidi, necessitano del batterio intracellulare *Buchnera aphidicola*, ma al tempo stesso vengono "allevati" dalle formiche che utilizzano la loro melata; anche la cocciniglia farinosa degli agrumi si nutre di linfa, ma ospita nel suo citoplasma un batterio (*Tremblaya princeps*) che le fornisce gli AA, ma a sua volta ospita un altro batterio *Moranella endobia* da cui dipende metabolicamente; il batterio Wolbachia instaura con le filarie un mutualismo patologico per uomo e vertebrati (filariosi) oppure con Artropodi o Insetti un parassitismo riproduttivo: il batterio viene trasmesso alla generazione successiva attraverso le uova per cui, a seconda dei casi, trasforma i maschi genetici in femmine o induce la partenogenesi o uccide gli embrioni maschi; la pianta erbacea *Dichastelium lanuginosum* vive nelle sorgenti idrotermali e resiste alle alte temperature grazie alla simbiosi col fungo *Curvularia protuberata* che ha domesticato il virus CThTV; il sinciziotrofoblasto, strato esterno della placenta che garantisce al tempo stesso l'adesione dell'embrione all'utero materno e la separazione tra circolo materno e fetale, si sviluppa grazie alla sincitina, proteina derivante dalla domesticazione del virus respiratorio sinciziale umano; la salute umana è spesso condizionata dalla composizione del microbiota con cui costituiamo un olobionte...

In realtà è un testo molto articolato che spazia dalla ricerca scientifica alla biografia di alcuni scienziati (che proprio per le loro caratteristiche caratteriali o per le loro scelte di vita hanno compiuto passi importanti in campo evolutivo), all'ecologia, alla filosofia e all'etica.

Inizia con gli studi su diatomee e licheni di C. Merezkovskij, individuo umanamente e moralmente riprovevole, che giunse però ad intuizioni geniali sulla derivazione dei cloroplasti da cianobatteri e sulla simbiogenesi: l'unione di due o più organismi differenti, definita simbiosi da Anton De Bary nel 1878, genera una nuova entità biologica.

Prosegue con la teoria dell'endosimbiosi intracellulare per spiegare l'origine dei cloroplasti, dei mitocondri, della cellula eucariote sostenuta da Lynn Margulis sulla scorta di una ricerca di prove perseguita per tutta la vita. Ella, pur ritenendo valido il programma di ricerca evolutivo darwiniano, mostrò spirito battagliero nel contrapporre alla rigida visione neodarwinista, basata su lotta per la sopravvivenza e competizione tra geni, una maggior flessibilità che consentisse di accettare simbiosi e cooperazione fra specie diverse come la vera forza creativa dell'evoluzione. Rifiutò anche il gradualismo a favore di un processo veloce, a salti e affiancò alla ramificazione e separazione delle specie il trasferimento genetico orizzontale (già Darwin aveva avuto il dubbio se rappresentare l'evoluzione con un albero o con un corallo caratterizzato da fusioni laterali).

Vengono poi discusse l'unità dell'evoluzione e le sue modalità: individuo (concetto minato dalla simbiosi: l'olobionte condusse i coniugi Rosenberg alla teoria evolutiva dell'ologenoma: un solo genoma funzionale derivante dagli intrecci di reti genetiche), popolazione o specie (anche questo concetto minato dalla simbiosi: ogni specie è una confederazione di organismi). Jacob sostenne che l'evoluzione è bricolage: ricicla e riadatta per nuovi scopi strutture già esistenti. Le suture del cranio sono esempi di cooptazione funzionale. Gould definì *exaptation* il processo per cui una struttura già esistente con una certa funzione viene convertita ad un'altra e *spandrel* se la struttura iniziale non aveva alcuna funzione: è il caso della sincitina. Anche la simbiosi è un caso di *exaptation*. La simbiosi introduce tre innovazioni nella teoria evolutiva: la molteplicità delle fonti di variazione genetica, i numerosi livelli su cui la selezione agisce e le grandi transizioni evolutive che hanno appunto generato nei viventi una gerarchia a più livelli: geni, cromosomi, nuclei, cellule, tessuti, organi, organismi. Ogni transizione implica una nuova modalità di trasmissione dell'informazione biologica. Oggi viene proposta la Sintesi evolutiva estesa che considera materiale ereditario non solo quello genetico, ma anche quello epigenetico e quello culturale, valorizzando il ruolo attivo dell'organismo rispetto all'ambiente e tenendo conto dei processi di sviluppo con i loro vincoli e la loro plasticità. Probabilmente neanche questa è ancora sufficiente a spiegare processi macroevolutivi come le radiazioni adattative, le estinzioni in massa e le grandi transizioni dovute a simbiosi e cooperazione.

Quando si passa a considerare i comportamenti altruistici emergono posizioni diverse, talora opposte: Kropotkin ritenne la cooperazione e il reciproco soccorso un altro fattore fondamentale dell'evoluzione. Egli contrapponeva al Darwinismo sociale di Spencer, che giustifica la competizione sfrenata e senza regole e la vittoria del più forte, una organizzazione anarco-comunista delle società animali e auspicava per la specie umana il raggiungimento di una coscienza di specie. Anche per Darwin i comportamenti degli insetti eusociali furono un cruccio. Egli comunque concluse che il vantaggio del singolo individuo doveva rimanere la premessa metodologica di fondo (altrimenti la sua teoria sarebbe stata falsificata), ma giudicò accettabili comportamenti altruistici capaci di determinare vantaggi nella sopravvivenza e nella riproduzione a livello di comunità, traducendosi dunque in vantaggi per gli individui. Per quanto riguarda l'altruismo umano, nell'*Origine dell'Uomo* Darwin affermò che nasce da una istintiva "simpatia" (= empatia) umana, ma che successivamente le qualità morali sono progredite più per l'effetto delle facoltà razionali, dell'istruzione, della religione che per la selezione naturale. Hamilton sostenne la selezione di parentela: si può rinunciare a trasmettere i propri geni se si favoriscono fratelli, figli, cugini. Haldane ed altri (Wilson, Novak) ammisero che la selezione possa agire sia all'interno del gruppo in cui vincono gli egoisti *free riders* per il doppio vantaggio individuale del loro comportamento, sia tra gruppi perché possono essere favoriti gruppi ben coesi ed organizzati quando predominano gli altruisti. Ma come aveva già intuito Darwin e notato Pagel l'altruismo all'interno del gruppo è generalmente associato ad aggressività nei confronti di altri gruppi. Price trovò un'equazione matematica che giustifica la posizione di Haldane, ma in essa l'equilibrio tra egoismo individuale e coesione di gruppo rimane instabile. Non contento sperimentò su se stesso la possibilità dell'altruismo assoluto e ne uscì sconfitto. Solo nel 2000 vari esperimenti mostrarono che la sua equazione dell'altruismo descrive effettivamente l'evoluzione di comportamenti cooperativi, dando ragione a Margulis: altruismo significa diventare parte di qualcosa di più grande, sentire i legami di interdipendenza con gli altri.

Anche se non lo consiglierei come lettura da affidare agli studenti da soli, per la sua complessità, questo saggio ha avuto il pregio di farmi riflettere su quanto la maggioranza dei testi scolastici ed anch'io come insegnante di Scienze si sia rimasti legati alla Sintesi Moderna piuttosto di abbracciare una Sintesi evolucionistica estesa che contempli anche aspetti ancora da esplorare. Inoltre in questo periodo storico in cui il nostro pianeta è sull'orlo del disastro ecologico e in cui tornano a dilagare guerre fratricide gli autori lanciano un messaggio importante sul piano educativo, etico ed ecologico: "Ci si salva insieme"!(*Giovanna Ferrarino*)

Ritengo che gli autori illuminati dal loro entusiasmo per la simbiosi e l'unione tra i viventi sottovalutino la violenza in natura (lotta tra prede e predatori) all'interno della nostra specie.(*Claudia Binelli*)

Il libro mi ha "preso". Ho conosciuto nuovi personaggi scientifici come Konstantin Sergeevic Merezhkovskij che nasce in Russia nel 1855 e ha una vita complessa, viaggia e si sposta molto, prende una nuova identità. Lui è interessato alle scienze naturali, lavora sull'evoluzione e conia "*la sopravvivenza del più adatto*". Si occupa di simbiosi, in particolare di licheni e anche di cloroplasti. Capisce che la ricostruzione della filogenesi profonda è da sempre molto problematica, soprattutto in eventi avvenuti più di 2 miliardi di anni fa. Nel 1920 in esilio in Svizzera scrive il libro *Le piante considerate come un complesso simbiotico*. Il 9 gennaio del 1921 metterà in atto una complicata forma di suicidio.

L'altro personaggio scientifico che viene molto analizzato, che già conoscevo, ma di cui ho appreso nuove informazioni è Lynn Margulis. Anche lei ha una vita familiare complessa, ha quattro figli da due mariti. Nel 1967 pubblica sul *Journal of Theoretical Biology* un articolo *Sull'origine delle cellule mitotiche* dove sostiene che i mitocondri fossero antichi batteri indipendenti. Nel 1970 viene pubblicato il suo libro *Origine delle cellule eucariote* dove scrive che qualcosa di analogo doveva essere successo anche per i plastidi e i cloroplasti (che contengono un loro proprio DNA). Per Margulis la cooperazione e la simbiosi sono il segreto dell'evoluzione: mettersi insieme per dividersi il lavoro e originare forme sempre più complesse. La sua teoria venne accettata solo a metà degli anni 80. Viene eletta membro della National Academy of Sciences degli USA nel 1983, nel 1997 è nominata nell'Accademia Russa di Scienze naturali e nel 1999 Bill Clinton le conferisce la National Medal of Science. Secondo lei la selezione fa solo da setaccio, la vera forza creativa dell'evoluzione è la simbiosi tra specie differenti (Trasferimento Genico Orizzontale). Dice che forse più che un albero la storia della vita è una ragnatela di connessioni. Margulis fu la portavoce del microcosmo e, insieme a James Lovelock, nel 1974, avanzò l'ipotesi Gaia.

Dopo le informazioni su questi interessanti scienziati il libro prosegue parlando di storie di simbiosi e di cooperazione tra viventi - molte delle quali sono state evidenziate negli ultimi 15 anni circa- di cui riporto dal testo i punti, a mio parere, essenziali.

Il ruolo della **simbiosi** nell'eucariogenesi è una evidenza certa. È un lungo processo evolutivo che ha richiesto diversi passaggi. L'arco temporale potrebbe essere compreso tra 2,7 e 1,5 miliardi di anni. La vita non si è affermata con il combattimento ma attraverso le interazioni. La simbiosi è la vita insieme di organismi tra loro dissimili. Simbiosi intracellulari, fuori dalle cellule ma essenziali, simbiosi incredibili nel mondo vegetale, nella flora intestinale, relazioni che si instaurano tra alcuni simbionti che si reggono su una complicata rete di conflitti tra partner in gioco.

Darwin disegnò un albero evolutivo simile più a un corallo che a un albero poiché intuì la complessità delle interazioni tra i diversi rami in evoluzione. Per lui esisteva l'**individuo** (che ha al suo interno un proprio microbiota intestinale con un numero di cellule procariote fino a 10 volte superiore alle cellule eucariote del nostro corpo) che non è indipendente ma forma -con altri- **popolazioni** e gli insiemi di popolazioni formano una **specie**. Oggi sappiamo con certezza che c'è un intreccio, delle reti geniche, che forma un solo genoma funzionale. La simbiosi è quindi considerata una delle principali forze che influenzano il cambiamento della vita sulla Terra.

L'albero evolutivo è intricato, l'evoluzione è un processo continuativo di generazione in generazione, può essere lento ma anche con accelerazioni. Può esserci vantaggio per uno ed effetto fastidioso -ma tollerabile- per l'altro, ma può esserci anche un beneficio reciproco. Per Jacob l'evoluzione è un bricolage. Nell'evoluzione non si raggiunge mai una perfezione ingegneristica ottimale; la selezione naturale deve fare i conti con i vincoli di cui gli organismi sono portatori: fisici, storici, strutturali, di sviluppo. La simbiosi permette nuove possibilità con la collaborazione tra specie diverse. La diversità è cresciuta nell'ultimo mezzo miliardo di anni.

La selezione si può applicare al gruppo, oltre che all'individuo. Per esempio pensiamo alle specie dove fondamentale è la comunità, non l'individuo (es. api, formiche).

Darwin individua il potere adattativo delle socialità non solo nelle relazioni tra individui, ma anche tra gruppi e tribù umane. Detto in linguaggio moderno la mente umana è dotata di istinti sociali che rendono possibile la socialità. La moralità umana oggi dipende molto dagli effetti educativi e culturali. Si può allargare il raggio del noi. George Price, con la sua equazione del 1970, descrive il cambiamento di un carattere da una generazione all'altra e ci fa capire che un gruppo pieno di cooperatori avrà successo sugli altri gruppi, crescerà di dimensioni, facendo così aumentare il numero dei cooperatori. La **cooperazione è intelligente**.

Io penso che forse molti attuali politici dovrebbero conoscere meglio i concetti scientifici! Più cooperazione, altro che concorrenza, antagonismo, cercare di essere i primi!

Gli ecosistemi ribollono di fenomeni meravigliosi e terribili. La scelta che si effettua è una decisione non dettata dalla natura, ma da fattori culturali, sociali, morali, individuali. La simbiosi è in bilico tra parassitismo, mutualismo, commensalismo. In biologia l'altruismo ha due forme: biologica ed etica (qui è fondamentale la cooperazione). Dei 4 generi di specie ominine (ardipitechi, australopithecine, parantropi e Homo) oggi sopravvive una sola specie umana: *Homo sapiens*. L'etica è la nostra tecnologia sociale per eccellenza.

Le ricerche sulla simbiosi continuano a fornire uno sguardo innovativo sull'evoluzione della vita sulla Terra. Come ad esempio il risultato della ricerca sui coccolitoforidi (alghe unicellulari dall'aspetto particolare poiché sono rivestite da scaglie calcaree dette coccoliti – da cui deriva il nome) che ospitano stabilmente nel loro citoplasma un cianobatterio che offre all'alga un superpotere: è in grado di fissare l'azoto atmosferico. Due specie indipendenti ne hanno originata una nuova. La ricerca è stata pubblicata nel 2024 sulla rivista "Science" e ha ricevuto importanti premi e riconoscimenti.

Concludo con una frase di Stephen Jay Gould riportata nel libro *La vita meravigliosa*: "se si potesse riavvolgere il film della vita per farlo ripartire da un punto qualsiasi, non si otterrebbe mai lo stesso risultato".(Annalisa Bertolino)

La struttura del libro coincide col suo contenuto filosofico epistemologico. Il testo comincia, e continuamente si intreccia, con le biografie dei vari ricercatori che appassionano il lettore. Le loro scoperte e intuizioni scientifiche, cioè i dati osservativi, i modelli e le teorie sono seguiti dalle riflessioni morali e filosofiche che questi autori propongono e

perseguono nel corso della loro vita. Affinché il lettore non caschi in una facile coincidenza fra natura e visione personale, il primo esempio, sia storico che nella filosofia del libro, è quello di Konstantin Sergeevic Merezhkovskij che scopre la natura simbiotica dei cloroplasti, struttura una teoria generale della simbiosi, ma *dopo* al lettore viene rivelata la sua pedofilia, il razzismo e il tratto delatore, (una vera sorpresa per chi legge!). Invece altri, come Petr Kropotkin e George R. Price sono coerenti con le loro scoperte del mutuo appoggio e dell'altruismo in natura e traggono ispirazione da esse per la loro vita personale e le concezioni politiche. Il testo contiene numerosissime osservazioni di simbiosi, nelle sue diverse sfaccettature: il parassitismo, mutualismo e commensalismo. La relazione simbiotica è stretta, in equilibrio dinamico, e può passare nel tempo geologico da una forma all'altra, utilizzando anche a livello micro il trasferimento orizzontale dei geni e il riutilizzo a diversi livelli biologici di strutture precedenti in nuovi contesti, l'*exaptation*.

Con Lynn Margulis, a partire dalla scoperta dell'endosimbiosi, l'idea che i viventi vivano nel loro corpo con altri viventi e si presentino al mondo come olobionti, e non come singoli individui, dà luogo a un ampio sviluppo delle osservazioni, dei modelli e delle riflessioni filosofico biologiche e morali sulla vita sulla Terra, l'evoluzione e sulla nostra specie, unica rimasta fra quelle umane. Nelle conclusioni gli autori riprendono i loro eroi, distinguono fra i dati naturali, cercando di non peccare di antropomorfismo, e la loro applicazione alla società umana che incorre sempre nell'errore della fallacia naturalistica dove la natura è un'autorità morale, mentre non lo è. In sintesi, come dicono, non si può derivare il dover essere della società umana dall'essere della natura, anzi invitano a fare attenzione a chi spaccia fatti eminentemente culturali come naturali. L'evoluzione non ha finalità, la simbiosi è eticamente neutra.

Nella nostra specie la natura ci pone di fronte alle nostre potenzialità di comportamento, le scelte invece sono di ordine culturale, sociale, morale e individuale. La natura è impostata sulla simbiosi, dove bisogna sempre essere critici sull'antropomorfismo, il nostro intestino è solo la nicchia ecologica dei nostri batteri simbiotici, che non hanno idea di altro da sé. La cooperazione biologica però è la premessa necessaria per avere un comportamento etico. Gli autori parlano di un ponte traballante, ma significativo, tra altruismo biologico ed etico; la prosocialità, esistente in molte specie, ci ha dato le condizioni biologiche della possibilità della morale. La natura umana è ambigua, chimerica secondo Wilson, presentando altruismo e aggressività; Casiraghi e Pievani concludono che dobbiamo imparare dalle innumerevoli strategie adattative dove simbiosi e cooperazione indicano un potenziale mettendo nelle nostre azioni, con la nostra responsabilità, solidarietà, altruismo e gentilezza. (*Silvio Tosetto*)