

## SIMBIOSI OVUNQUE<sup>1</sup>

---

di Lynn Margulis

*Un bombo la sua lustra carrozza  
condusse ardito a una rosa -  
congiuntamente scesero -  
Lui stesso - l'equipaggio.*

Emily Dickinson

La simbiosi, il sistema in cui membri di specie diverse vivono in contatto fisico, ci colpisce come un concetto arcano e un termine biologico specializzato. Ciò è dovuto alla nostra mancanza di consapevolezza della sua prevalenza. Non solo le nostre viscere e le nostre ciglia sono decorate da batteri e simbionti animali, ma se guardate al vostro cortile condominiale o al parchetto di quartiere, seppur non ovvi, i simbionti sono onnipresenti. Trifoglio e veccia, erbacce comuni, hanno delle palline sulle loro radici. Questi sono i batteri che fissano l'azoto che sono essenziali per una crescita sana in un suolo povero di azoto. Poi prendi gli alberi, l'acero, la quercia e il noce. Ben trecento diversi simbionti fungini – che è la micorriza che notiamo come funghi – sono intrecciate nelle loro radici. Oppure guardate un cane, che di solito non ha alcuna consapevolezza dei vermi simbiotici nel suo intestino. Siamo simbionti su un pianeta simbiotico, e, se ci interessa, possiamo trovare la simbiosi ovunque. Il contatto fisico è un requisito non negoziabile per molti tipi diversi di vita.

Praticamente tutto ciò su cui lavoro adesso è stato anticipato da studiosi o naturalisti sconosciuti. Uno dei miei più importanti predecessori scientifici ha compreso a fondo e ha spiegato il ruolo della simbiosi nell'evoluzione. L'anatomista dell'Università del Colorado Ivan E. Wallin (1883-1969) scrisse un bel libro sostenendo che le nuove specie hanno origine attraverso la simbiosi. La *simbiogenesi*, termine evolucionistico, si riferisce all'origine di nuovi tessuti, organi, organismi – anche specie – mediante l'istituzione di simbiosi a lungo termine o permanente. Wallin non ha mai usato la parola *simbiogenesi*, ma ne ha del tutto compreso l'idea. Ha sottolineato in particolare la simbiosi animale con i batteri, un processo che ha chiamato “la creazione di complessi microsimbionti” o “simbiontismo”. Questo è importante. Anche se Darwin intitolò il suo *magnum opus Sull'origine delle specie*, l'apparizione di nuove specie è scarsamente discussa nel suo libro (cfr. Wallin 1927; Darwin 1859).

La simbiosi, e qui sono pienamente d'accordo con Wallin, è fondamentale per comprendere la novità evolutiva e l'origine delle specie. Credo, infatti, che l'idea stessa di specie richieda la simbiosi. I batteri non hanno specie (cfr. Sonea & Panisset, 1983). Nessuna specie esisteva prima che i batteri si fondessero per formare cellule più grandi, compresi gli antenati sia delle piante che degli animali. In questo libro spiegherò come

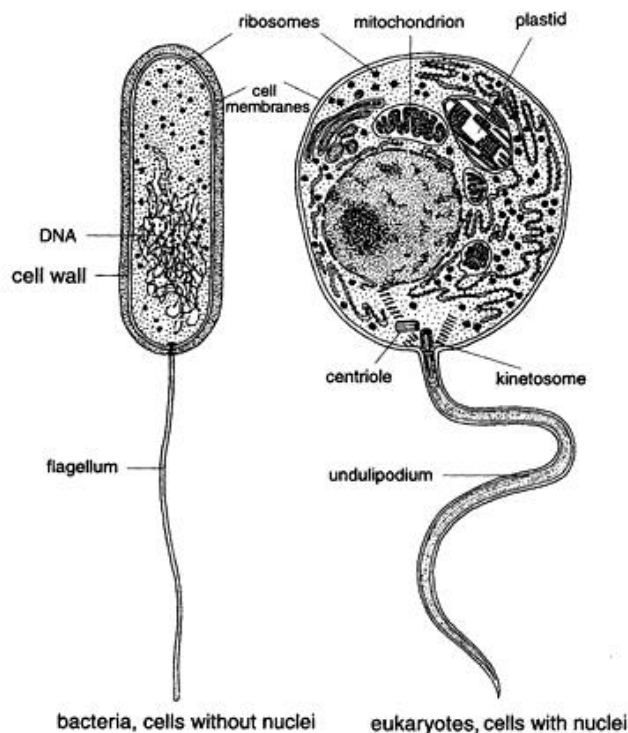
---

<sup>1</sup> [Il testo è la traduzione del primo capitolo di Margulis, Lynn. (2001). *The Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*. London: Phonix, pp. 7-16].

una simbiosi di lunga data abbia portato prima all'evoluzione di complesse cellule con nuclei e da lì ad altri organismi come funghi, piante e animali.

Che le cellule animali e vegetali siano originate da simbiosi non è più controverso. La biologia molecolare, compreso il sequenziamento genetico, ha giustificato questo aspetto della mia teoria della simbiosi cellulare. L'incorporazione permanente di batteri all'interno di cellule vegetali e animali come plastidi e mitocondri è la parte della mia teoria dell'endosimbiosi seriale che ora appare anche nei libri di testo delle scuole superiori. Ma un pieno impatto di una visione simbiotica dell'evoluzione deve ancora farsi sentire. E l'idea che nuove specie nascano da fusioni simbiotiche tra membri anziani non è ancora discussa nell'alta società scientifica.

Ecco un esempio. Una volta chiesi all'eloquente e simpatico paleontologo Niles Eldredge se sapesse di un caso in cui fosse stata documentata la formazione di una nuova specie. Gli dissi che sarei stata soddisfatta se il suo esempio fosse tratto dal laboratorio, dal campo, o dalle osservazioni dei reperti fossili. Egli poté richiamare un solo buon esempio: gli esperimenti di Teodosij Dobžanskij con la *Drosophila*, la mosca della frutta. In questo affascinante esperimento, le popolazioni di moscerini della frutta, allevate a temperature progressivamente più calde, sono diventate geneticamente separate. Dopo due anni o giù di lì quelli ad allevamento a caldo non potevano più produrre prole fertile con i loro fratelli di allevamento a freddo. "Ma questo," aggiunse rapidamente Eldredge, "si è rivelato avere a che fare con un parassita!" Infatti, in seguito si scoprì che le mosche di allevamento a caldo mancavano di un batterio simbiotico intracellulare trovato negli allevati a freddo. Eldredge ha scartato questo caso come un'osservazione di speciazione solo perché comportava una simbiosi microbica! Gli era stato insegnato, come a tutti noi, che i microbi sono germi, e, quando hai i germi, hai una malattia, non una nuova specie. Gli era stato insegnato che l'evoluzione attraverso la selezione naturale avviene per il graduale accumulo, su eoni, di singole mutazioni genetiche.



**FIGURE I**  
Prokaryotic and eukaryotic cells compared

Ironia della sorte, Niles Eldredge è autore con Stephen Jay Gould della teoria del “equilibrio punteggiato”. Eldredge e Gould sostengono che i reperti fossili mostrano che l’evoluzione è statica per la maggior parte del tempo e poi procede improvvisamente: il rapido cambiamento nelle popolazioni fossili si verifica in brevi intervalli di tempo; la stasi prevale allora per periodi prolungati. Dalla lunga prospettiva del tempo geologico, le simbiosi sono come bagliori di lampi evolucionistici. Per me la simbiosi, come fonte di novità evolutiva, aiuta a spiegare l’osservazione dell’“equilibrio punteggiato”, delle discontinuità nella documentazione fossile.

Tra gli unici altri organismi oltre ai moscerini della frutta le cui specie sono state viste avere origine in laboratorio ci sono i membri del genere Ameba, e anche qui la simbiosi era coinvolta. La simbiosi è un tipo, ma non quello più noto, di lamarckismo. Il “lamarckismo”, dal nome di Jean Baptiste Lamarck, che i francesi sostengono essere il primo evolucionista, è spesso liquidato come “eredità delle caratteristiche acquisite”. Nel lamarckismo semplice, gli organismi ereditano i tratti indotti nei loro genitori dalle condizioni ambientali, mentre attraverso la simbiogenesi, gli organismi acquistano non tratti ma interi altri organismi, e, naturalmente, i loro interi set di geni! Potrei dire, come hanno fatto spesso i miei colleghi francesi, che la simbiogenesi è una forma di neolamarckismo. La simbiogenesi è il cambiamento evolutivo per eredità dei set genici acquisiti (cfr. Nardon & Grenier 1991).

Gli esseri viventi sfidano la definizione precisa. Combattono, si nutrono, ballano, si accoppiano, muoiono. Alla base della creatività di tutte le grandi forme familiari di vita, la simbiosi genera novità. Riunisce diverse forme di vita, sempre per un motivo. Spesso la fame unisce il predatore con la preda o la bocca con il batterio fotosintetico o la vittima delle alghe. La simbiogenesi si riunisce individui differenti per creare entità più grandi e complesse. Le forme di vita simbiogenetiche sono ancora più diverse dai loro improbabili “genitori”. Gli “individui” si fondono permanentemente e regolano la loro riproduzione. Generano nuove popolazioni che diventano nuovi individui simbiotici multiunità. Questi diventano “nuovi individui” a livelli di integrazione più grandi e più inclusivi. La simbiosi non è un fenomeno marginale o raro. È naturale e comune. Dimoriamo in un mondo simbiotico.

In Bretagna, sulla costa nord-occidentale della Francia, lungo le spiagge confinanti con la Manica, si trova una strana sorta di “alga” che non è affatto un’alga. Da lontano è una macchia verde brillante sulla sabbia. Le chiazze sguazzano scintillanti in pozzanghere poco profonde. Quando si raccoglie l’acqua verde e la si lascia scivolare tra le dita si notano nastri appiccicosi molto simili alle alghe. Una piccola lente di ingrandimento o un microscopio a bassa potenza rivela che quelli che sembravano alghe sono in realtà vermi verdi. Queste masse di vermi verdi che prendono il sole, a differenza da qualsiasi alga, scavano nella sabbia ed effettivamente vi scompaiono. Furono descritti per la prima volta negli anni ‘20 da un inglese, J. Keeble, che trascorse le sue estati a Roscoff. Keeble li chiamò “piante-animale” e li illustrò splendidamente nel colorato frontespizio del suo libro *Plant-Animals*. I vermi piatti della specie *Roscoffensis Convoluta* sono tutti verdi perché i loro tessuti sono pieni di cellule di *Platymonas*; poiché i vermi sono traslucidi, si intravede il colore verde delle *Platymonas*, alghe fotosintetiche. Seppure amabili, le alghe verdi non sono solo decorative: vivono e crescono, muoiono e si riproducono, dentro ai corpi dei vermi. Infatti, producono il cibo che i vermi “mangiano”. Le bocche dei vermi diventano superflue e non funzionano più dopo che le larve del verme si schiudono. La luce solare raggiunge le alghe all’interno delle loro mobili serre e permette loro di crescere e nutrirsi mentre fanno filtrare prodotti fotosintetici e nutrono i loro ospiti dall’interno. Le alghe simbiotiche fanno anche un favore al verme nella gestione dei rifiuti: riciclano i rifiuti dell’acido urico del verme trasformandoli in loro

nutrienti. Le alghe e i vermi fanno un ecosistema in miniatura che nuota al sole. In effetti, questi due esseri sono così intimi che è difficile, senza microscopia ad altissima potenza, stabilire dove finisce l'animale e iniziano le alghe<sup>2</sup>.

Simili collaborazioni abbondano. Corpi di *Plachobranthus*, lumache, simbionti verdi del porto che pure crescono in file tali che sembrano essere state piantate. Le vongole giganti fungono da giardini viventi, i cui corpi spingono le alghe verso la luce. *Mastigias* è un tipo di vascello medusoide che nuota nell'Oceano Pacifico. Come una miriade di piccoli ombrelli verdi, i medusoidi *Mastigias* scorrono a migliaia attraverso i fasci di luce vicino alla superficie dell'acqua.

Allo stesso modo, le *Hydra* tentacolate d'acqua dolce possono essere bianche o verdi, a seconda che i loro corpi siano pieni o meno di partner fotosintetici verdi. Le *Hydra* sono animali o piante? Quando una *Hydra* verde è abitata in modo permanente dai suoi partner alimentari (chiamati *Chlorella*), è una cosa difficile da dire. Se verdi, le *Hydra* sono simbiotiche. Sono in grado di fotosintetizzare, di nuotare, di muoversi e di rimanere ferme. Sono rimaste nel gioco della vita perché diventano individui per incorporazione.

Noi animali, tutte le trenta milioni di specie, siamo sorti dal microcosmo. Il mondo microbico, la fonte e la sorgente del suolo e dell'aria, informa la nostra stessa sopravvivenza. Uno dei temi principali del dramma microbico è l'emergere di individualità dalle interazioni della comunità di attori un tempo indipendenti.

Mi piace guardare le quotidiane battaglie dei nostri compagni di pianeti non-umani. Per molti anni io e Lorraine Olendzenski, una mia ex studentessa ora all'Università del Connecticut, abbiamo videoregistrato la vita nel microcosmo. Più recentemente abbiamo lavorato con Lois Byrnes, il vivace ex direttore associato del New England Science Center a Worcester, Massachusetts. Insieme, noi e un bel gruppo di studenti di U MASS facciamo film e video che introducono le persone ai nostri conoscenti microbici.

*Ophrydium*, una feccia d'acqua stagnante che, a ben vedere, sembra essere rubricabile come "medusa" dal corpo verde è un esempio di individualità emergente che abbiamo recentemente scoperto e ridescritto in Massachusetts. I nostri film mostrano queste palette d'acqua con squisita chiarezza. La più grande sfera di gelatina verde "individuale" è composta da più piccoli e contrattili "individui" a forma di cono. Questi a loro volta sono compositi: la *Chlorella* verde abita all'interno di ciliati, tutti confezionati in fila. All'interno di ogni cono capovolto ci sono centinaia di simbionti sferici, cellule di *Chlorella*. La *Chlorella* è un'alga verde comune; le alghe di *Ophrydium* sono intrappolate al servizio della comunità di sfere medusoidi. Ogni "organismo individuale" in questa "specie" è davvero un gruppo, un pacchetto di microbi delimitato da membrana che assomiglia e agisce come un singolo individuo<sup>3</sup>.

Anche una bevanda nutriente chiamata kefir e consumata tra le montagne del Caucaso è un complesso simbiotico. Il Kefir contiene cagliata granulosa che i georgiani chiamano "miglio di Maometto". La cagliata è un pacchetto integrato di più di venticinque diversi tipi di lievito e batteri. Milioni di individui costituiscono ogni cagliata. Da simili corpi interattivi di organismi fusi a volte emergono nuovi esseri. La tendenza della vita "indipendente" è quella di legarsi insieme e riemergere in una nuova totalità a un livello di organizzazione più alto e più ampio. Sospetto che il prossimo futuro dell'*Homo sapiens* come specie richieda il nostro ri-orientamento verso le fusioni e le commistioni con i compagni di pianeta che ci hanno preceduto nel microcosmo. Una delle mie ambizioni è

---

<sup>2</sup> Il 17 marzo 1999 Andrew Wier ha scoperto una nuova popolazione di *Convoluta* verdi a Puerta de Santa Maria, Andalusia, Spagna.

<sup>3</sup>Questi organismi e le loro attività sono straordinariamente illustrati nei video: cfr. Sciencewriters 1996; Olendzenski (et al.) 1998; Margulis & Sagan 1998.

quella di convincere qualche grande regista a girare la storia evolutiva come immagine microcosmica in formato 72mm (IMAX o OMNIMAX), mostrando spettacolari relazioni viventi mentre si formano e si dissolvono.

Ora, come nel corso della storia della Terra, le associazioni viventi si formano e si dissolvono. Le simbiosi, sia stabili che effimere, prevalgono. Questi talchi evuzionistici meritano di essere mandati in onda.

(traduzione di Enrico Schirò)

### *Riferimenti bibliografici*

Darwin, Charles. (1859). *On the Origin of the Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life*. London: Murray.

Margulis, Lynn & Sagan, Dorian (1998). *Microcosmos Videos*, vol. I-II. Sudbury, Mass.: Jones and Bartlett Publishers.

Nardon, Paul & Grenier, Anne-Marie. (1991). Serial Endosymbiosis Theory and Weevil Evolution: The Role of Symbiosis. In Margulis, Lynn & Fester, René (a cura di). *Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation*, Cambridge, Mass.: MIT Press.

Olendzenski, Lorraine (et al.). (1998). *Looking at Microbes: The Microbiology Laboratory for Students*. vol. I-II. Sudbury, Mass.: Jones and Bartlett Publishers.

Sciencewriters. (1996). *Gaia to Microorganism*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Sonea, Sorin & Panisset, Maurice (1983). *A New Bacteriology*, Sudbury Mass.: Jones & Bartlett Publishers.

Wallin, Ivan E. (1927). *Symbioticism and the Origin of the Species*, Baltimore: Williams & Wilkins.