

COMPETIZIONE E COOPERAZIONE NELLE STORIE DEGLI ORGANISMI VIVENTI

di Carlo Soave *

È quasi un luogo comune affermare che la forza dominante nell'evoluzione biologica, nella storia degli organismi viventi sulla Terra, è la competizione, la struggle for life di darwiniana memoria. Ma le cose non stanno così e lo scopo della scienza è mostrare la realtà così come essa è per quel tanto che possiamo conoscerla con i metodi della ricerca scientifica e storica.

Senza negare che la competizione tra gli organismi viventi è una forza operante nell'evoluzione, la cooperazione, cioè la decisione di potenziali competitori di adottare una strategia nuova aiutandosi reciprocamente, è la strategia dominante nell'evoluzione.

A differenza della selezione naturale che è fondamentalmente conservativa, la cooperazione è una potente forza costruttiva che genera nuovi livelli organizzativi, nuove specializzazioni, nuova diversità biologica.

* già Ordinario di Genetica agraria e di Fisiologia vegetale presso l'Università degli studi di Milano

*Come tutto s'intesse nel gran Tutto
e ogni cosa nell'altra opera e vive [W. Goethe, Faust]*

«È lo scopo ultimo del vivente in quanto vivente la lotta per l'esistenza, la sopravvivenza di sé e dei suoi discendenti e tutte le strategie messe in atto dal vivente sono specificazioni di questo scopo?» [Monod, 1970].

A leggere le parole di Darwin nell'*Origine delle specie* per mezzo della selezione naturale, testo che nella opinione comune segna l'inizio della teoria evuzionista, sembra proprio di sì: «... dalla lotta per la vita, dalla guerra della natura, dalla carestia, dalla morte, direttamente deriva il più alto risultato che si possa concepire, cioè la produzione di animali superiori. In virtù di questa lotta le variazioni, per lievi che siano, purché siano utili agli individui di una specie nei loro rapporti con gli altri organismi e con le condizioni fisiche della vita, tendono alla conservazione di questi individui e a trasmettersi ai loro discendenti» [Darwin, 1858].

E ancora: «... se avvengono variazioni utili in un organismo, certamente questi avranno migliori probabilità di affermarsi nella lotta per la vita; e in forza del principio di ereditarietà, essi tenderanno a generare una progenie con caratteristiche simili. Chiamo selezione naturale questo principio di sopravvivenza del più adatto (survival of the fittest)».

Ma cosa si intende per «adatto, adattamento»? chi è il più adatto? All'interno di una popolazione di organismi viventi esiste una variabilità nei tratti fenotipici, comportamentali e funzionali, e la «selezione naturale» avvantaggia quei tratti che assicurano ai portatori una maggiore probabilità di sopravvivenza e una progenie più numerosa e fertile rispetto ai non portatori. È implicito nella concezione darwiniana che i tratti importanti sono quelli trasmessi alla progenie, cioè sono ereditabili.



Simbiosi tra le microalghe e i coralli della barriera corallina

Per questo modificano la composizione genetica della popolazione nel corso delle generazioni. Adatto quindi è l'individuo, adattativo è il carattere e la *fitness* (*fit* - adatto) è la misura del successo riproduttivo di un individuo rispetto agli altri individui della popolazione, cioè il contributo che esso lascia alle generazioni successive in termini di numero di figli.

Un adattamento quindi è un carattere che conferisce un contributo positivo alla *fitness* (capacità di riprodursi) del suo portatore e che è stato selezionato proprio per la sua attuale funzione in un determinato ambiente.

La *fitness* è pertanto una conseguenza della relazione tra la costituzione genetica di un organismo e l'ambiente in cui vive; in questo modo si capisce che lo stesso genotipo avrà una *fitness* diversa in ambienti diversi.

Il successo di un organismo dipenderà dall'ambiente; non esistono genotipi dalla *fitness* superiore agli altri in tutti gli ambienti. Ma chi fa emergere il più adatto, il *survival of the fittest?* la selezione naturale.

A che livello opera la selezione?

Per Darwin è evidente che il bersaglio della selezione è l'individuo, l'unità di selezione è l'individuo: la *struggle for life* è la lotta tra gli individui per la sopravvivenza in un ambiente dove le risorse sono limitate.

D'altra parte tutti gli organismi viventi sono costituiti da strutture gerarchiche; gli organismi pluricellulari da cellule, tessuti, organi; ogni cellula da organelli, nucleo, cromosomi, DNA, geni. Sopra il livello di organismo ci sono i gruppi di parenti, le colonie, le popolazioni, le specie.

A quale livello opera la selezione? A quale livello si manifestano gli adattamenti?

In linea di principio si può avere selezione a differenti livelli di organizzazione perché ciascun livello può manifestare variabilità in qualche misura ereditabile e contribuire a un successo riproduttivo differenziale.

Tuttavia gli effetti di vantaggi o svantaggi selettivi a un certo livello si propagano ai livelli superiori e inferiori dell'organismo in quanto entità unitaria e non è detto che ciò che è vantaggioso per un certo livello, sia automaticamente vantaggioso per l'organismo.

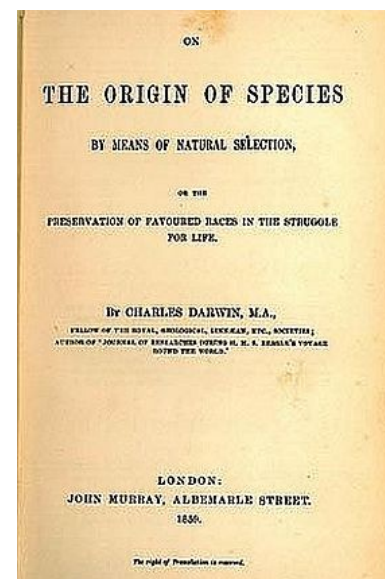
In ogni caso al cuore della visione (darwinista e neodarwinista) c'è il concetto di individualismo metodologico: a qualunque livello operi la selezione vi è sempre l'idea di una competizione, di una unità contro un'altra unità.

Per questo motivo è possibile applicare alle dinamiche evolutivistiche la teoria dei giochi sviluppata inizialmente in economia per descrivere le potenziali interazioni di due o più individui i cui interessi non coincidono.

Il dilemma del prigioniero

Immaginiamo che due complici siano entrambi detenuti in due celle separate, avendo commesso un grave crimine. Il pubblico ministero li interroga separatamente e offre a ciascuno un compromesso: se uno dei due (per esempio il giocatore), scegliendo di tradire (defeziona) permetterà di incriminare l'altro, la sua condanna sarà ridotta a un anno per aver fornito informazioni sufficienti a condannare a una pena severa il complice. Il complice (l'avversario) invece, scegliendo di non tradire, cioè di cooperare, sarà condannato a quattro anni di carcere.

Se entrambi i detenuti invece tacciono, cioè cooperano tra loro, non ci saranno prove sufficienti per accusare né l'uno né l'altro del crimine più grave ed entrambi saranno condannati a 2 anni. Se invece entrambi tradiscono (tutti e due defezionano) accusandosi l'un l'altro, saranno accusati entrambi del crimine più grave, ma saranno condannati a tre anni ciascuno, invece di 4, perché almeno hanno fornito informazioni.



Da un punto di vista egoistico, la scelta migliore per il giocatore è quella di tradire (defezionare) il complice (1 anno di carcere), la seconda scelta migliore è la prima (cooperare) cui corrispondono 2 anni di carcere ma solo se anche il complice coopera, cui seguono la terza e la quarta. Che cosa dovrebbe fare allora un giocatore razionale che mira al massimo vantaggio possibile e non sa se il suo complice intenderà tradire o cooperare?

Se ti tradisce, dovresti tradirlo anche tu, così avrai solo 3 anni di carcere invece di 4. Se coopera, dovresti tradirlo e accusare lui, in modo da ottenere per te il meglio possibile (1 anno di carcere). Cioè qualunque sia il comportamento del complice, la cosa migliore per te è tradirlo. Ma c'è un problema: anche il tuo complice ragiona nello stesso modo e di conseguenza ambedue tradirete e vi beccherete 3 anni di carcere. Invece se aveste cooperato tutte e due, avreste avuto solo 2 anni di carcere. In sintesi, se vi foste fidati, cooperando tra di voi, avreste avuto un risultato migliore che agendo entrambi in modo egoistico.

Cooperare significa pagare un costo perché l'altro ottenga un beneficio: se ambedue aveste cooperato, avreste perso il beneficio maggiore (ecco il costo), ma avreste ottenuto comunque un risultato migliore rispetto al non cooperare [Novak, Highfield, 2012].

Il dilemma del prigioniero in un contesto evolutivo

In natura esistono non individui singoli, ma popolazioni nelle quali gli individui possono differenziarsi nella loro *fitness* e la selezione naturale dovrebbe agire migliorando progressivamente la *fitness* media della popolazione in quanto qualunque mutazione che conferisce un vantaggio dovrebbe diffondersi nella popolazione e quindi migliorarne la *fitness* media. In natura la cooperazione tra individui consisterebbe nel fatto che se io aiuto un altro individuo pagando un costo diminuisco la mia *fitness* ma aumento quella dell'altro. Se il costo è inferiore al beneficio, allora la *fitness* media aumenta.

Esprimendo il dilemma del prigioniero in un contesto evolutivo emerge però che la selezione naturale dovrebbe opporsi alla cooperazione: infatti in una popolazione ben assortita (con identica probabilità di incontrare qualunque altro individuo della popolazione), l'opzione migliore è quella di non aiutare (cioè tradire nel dilemma del prigioniero), cioè comportarsi in modo egoistico in quanto i cooperatori hanno sempre una *fitness* inferiore a quella dei defezionisti e quindi i cooperatori tenderanno a scomparire. Ne risulterebbe che la selezione naturale è governata dal conflitto, dalla lotta per la sopravvivenza, dal *lupus homini lupus*.

Questa conclusione è inattesa, perché, come si vede nel diagramma del prigioniero, una popolazione costituita da soli cooperatori avrebbe una *fitness* media maggiore di quella di una popolazione di soli defezionisti: parrebbe invece che la selezione operi per distruggere ciò che è invece il meglio per la popolazione.

In realtà in natura i comportamenti cooperativi sono onnipresenti a tutti i livelli dell'organizzazione degli organismi viventi. Evidentemente per favorire l'instaurarsi della cooperazione devono esistere meccanismi/comportamenti che modificano l'azione della selezione naturale favorendo l'instaurarsi della cooperazione, tenendo presente che la cooperazione si manifesta ogniqualvolta un individuo sacrifica, in tutto o in parte, il proprio potenziale riproduttivo per aiutare un altro individuo.

In effetti sono stati individuati vari meccanismi che operano in favore della cooperazione, come per esempio la selezione di parentela.

L'idea è che si coopera per favorire la riproduzione di parenti stretti che portano copie degli stessi geni del soggetto che si sacrifica.

		avversario	
		coopera	defeziona
giocatore	coopera	-2, -2	-4, -1
	defeziona	-1, -4	-3, -3

Un'altra modalità è la reciprocità diretta: aiuto chi mi aiuta (tu gratti la schiena a me e io gratto la schiena a te), oppure la reciprocità indiretta, cioè si coopera con chi ha una buona reputazione, cioè si sa che quell'individuo è sempre disposto ad aiutare chi ha bisogno, per cui se io oggi lo aiuto, so che prima o poi riceverò aiuto da lui.

Ma lo stesso Darwin riconosceva che «Una tribù comprendente molti membri [...] che furono sempre pronti ad aiutarsi l'un l'altro e a sacrificarsi per il bene comune, sarebbe vittoriosa sulla maggior parte delle altre tribù» [Darwin, 1871]: una sorta di cooperazione di gruppo.

È importante sottolineare che l'evoluzione della cooperazione richiede che i soggetti riconoscano il loro *partner* e ricordino l'esito dei precedenti incontri.

È necessaria la memoria per ricordare ciò che qualcun altro ha fatto per loro e di un po' di ragionamento per stabilire se devono ricambiare o no. In altri termini la reciprocità richiede una capacità cognitiva.

Inoltre bisogna non confondere la collaborazione (azioni di più individui in vista del raggiungimento di un fine comune) con la cooperazione (decisione di potenziali competitori di adottare una strategia nuova aiutandosi reciprocamente) e con l'altruismo, un comportamento che ha un costo per chi lo compie e un beneficio per altri e che implica intenzionalità.



Reciprocità diretta tra scimpanzé

Cooperazione e competizione nelle popolazioni biologiche

La cooperazione emerge dall'interazione a tutti i livelli della matrice vivente: è evidente tuttavia che l'interazione tra i diversi componenti non è sufficiente perché si abbia cooperazione.

C'è cooperazione quando l'interazione tra i componenti produce risultati che non sono la semplice conseguenza dei principi che regolano la capacità di interagire dei componenti, ma aprono nuove possibilità in gran parte non prevedibili *a priori*, indipendenti dalle esigenze del contesto ambientale.

A livello molecolare

La capacità di cooperare è già presente nelle molecole alla base dell'informazione genetica: piccoli frammenti di DNA (6-20 paia di basi) in soluzione si aggregano spontaneamente testa-coda l'un l'altro formando filamenti più lunghi che non solo sono più stabili, più capaci di mantenersi nel tempo in quanto capaci di ripiegarsi in strutture più compatte, ma contengono e permettono di esprimere più informazioni rispetto a quelle dei componenti e quindi aprono nuove possibilità ai sistemi che li contengono [Nakata et al., 2007].

A livello del metabolismo

Una esemplificazione della cooperazione verso un obiettivo è data dall'intrico delle vie metaboliche, cioè quelle sequenze di reazioni chimiche che portano alla sintesi di tutti i composti necessari per attuare l'ampio repertorio di funzioni che rendono possibile la vita degli organismi.

Ciascuna trasformazione è catalizzata da uno specifico *enzima*, molecole capaci di accelerare una trasformazione chimica. Una data sequenza di reazioni, in qualsiasi via metabolica, prevede che ciascun enzima lavori in modo coordinato rispetto a tutti gli altri, in quanto è destinato a trasformare il composto specificamente prodotto dall'enzima che lo precede nella sequenza delle trasformazioni, e a produrre a sua volta un altro composto che sarà trasformato dall'enzima successivo della via metabolica.

In altre parole, nel contesto di un organismo, il ruolo catalitico di un enzima ha «senso» solo in funzione di quello di molti altri con i quali esso coopera.

A livello degli organismi

Se l'interazione cooperativa è una dominante della matrice biologica a livello molecolare, subcellulare e di organismo, è a livello dell'interazione tra organismi, cioè nei comportamenti, che la dialettica competizione/cooperazione interroga più profondamente la natura profonda del fenomeno vivente, uomo compreso.

Comportamenti cooperativi sono presenti in diversa misura nelle comunità biologiche lungo tutta la storia evolutiva: si pensi per esempio a tutte le innumerevoli forme di colonialismo, simbiosi, mutualismi (associazioni tra specie diverse dove una specie fornisce cibo a un'altra specie in cambio di protezione da predatori o da condizioni meteorologiche avverse, specie che nidificano in stretta associazione difendendo il nido congiuntamente e spartendo il cibo, formazione di gruppi plurispecifici per una maggiore efficienza di approvvigionamento del cibo), fino a raggiungere i livelli più elevati di organizzazione sociale negli invertebrati coloniali, negli insetti e nei mammiferi non umani.

Gli invertebrati coloniali (coralli, sifonofori, briozoi) sono costituiti da singoli individui del tutto subordinati alla colonia nel suo complesso, non solo nella funzione, ma anche attraverso un'unione fisica stretta e del tutto interdipendente. La specializzazione funzionale dei membri è così spinta e il raggruppamento in unità fisiche così perfetto che la colonia stessa potrebbe essere definita benissimo un organismo singolo.

D'altra parte negli organismi pluricellulari dove esiste anche differenziazione funzionale tra i diversi tipi cellulari che costituiscono l'organismo deve esistere una stretta cooperazione tra i diversi tipi cellulari, per esempio nel controllo della moltiplicazione cellulare.

Infatti l'istinto di base di ogni cellula è quello di dividersi e in un organismo multicellulare questo istinto deve essere bloccato, altrimenti si avrebbero proliferazioni incontrollate di alcuni tipi cellulari sugli altri.

Alcuni esempi

Gli insetti eusociali

Gli insetti sociali (formiche, termiti e alcune famiglie di vespe e api) formano società con elevati gradi di coesione e cooperazione funzionale, senza però raggiungere i livelli osservabili nelle società degli invertebrati coloniali.

Le società degli insetti sono caratterizzate da caste sterili che si autosacrificano a vantaggio della regina madre, da comportamenti altruistici quali per esempio il rigurgito del contenuto dello stomaco alle compagne affamate.

I vertebrati

Nei vertebrati, comportamenti sociali raffinati si osservano nei branchi di pesci che nuotano in formazioni serrate girando e invertendo la direzione all'unisono e assumendo schieramenti diversi a seconda delle situazioni (formazione di difesa, di alimentazione, di riposo), negli uccelli dove in molte specie vi sono individui «aiutanti» che collaborano ad allevare la prole degli altri e non depongono proprie uova, oppure nella riproduzione cooperativa dove più coppie di adulti si uniscono nello stesso nido per allevare la prole insieme.

Nei mammiferi esiste la più grande varietà e complessità dei comportamenti sociali: si sviluppano forme di organizzazione come la formazione di coppie stabili, gruppi famigliari, bande e branchi con legami coesivi più o meno lassi e anche comportamenti sociali raffinati, come la lattazione promiscua, le strategie di caccia cooperative, i comportamenti di tipo altruistico (si vedano per esempio i comportamenti di salvataggio nei confronti di un componente ferito del gruppo nei delfini e nei gruppi



La scala delle formiche: un ponte di formiche permette alle compagne di salire fino a raggiungere la foglia

famigliari di elefanti, la spartizione del cibo anche con gli individui malati o che non hanno partecipato alla cattura della preda nei licaoni).

Nei primati non umani, parallelamente allo sviluppo di caratteri come l'accresciuta abilità manipolativa, una migliore acuità visiva, una più elevata capacità di comunicazione visiva e auditiva che permette un repertorio più articolato di segnali compositi, e la maggiore intelligenza e capacità di attenzione che permette la valutazione simultanea del comportamento di molti individui del gruppo, si producono forme di cooperazione sociale molto elaborate: socializzazioni prolungate e anche permanenti, flessibilità comportamentale, organizzazione sociale variabile, alleanze, strategie sociali che tengono conto dei diversi rapporti che si instaurano nel gruppo.

Gli scimpanzé sono i primati non umani più avanzati dal punto di vista sociale: sono organizzati in società costituite da 30-80 individui, all'interno dei quali si formano gruppi casuali che si scindono e si riformano continuamente e con grande fluidità, indicando grande flessibilità e individualità del comportamento. Le società sono coesive e occupano aree stabili: sono però anche aperte dando luogo a incontri amichevoli tra loro e allo scambio di femmine adulte.

Infine, la cooperazione all'interno dei gruppi di scimpanzé è straordinaria sia nella qualità sia nella quantità: se, per esempio, la risorsa alimentare è scarsa e solo alcuni individui si sono procurati del cibo, gli scimpanzé sollecitano il cibo l'uno dall'altro e se lo spartiscono, provano contagio emozionale cercando di lenire o di impedire la sofferenza nei loro compagni, mostrando così comportamenti di tipo consolatorio: sono cioè capaci di comprendere e assumere il punto di vista dell'altro e di compiere azioni di aiuto mirato e, viceversa, di gratitudine.



*Spartizione del cibo
negli scimpanzé*

Homo sapiens

Noi uomini siamo una specie giovanissima, iniziata solo circa 200.000 anni fa, una specie profondamente omogenea dal punto di vista evolutivo, una specie che non ha avuto il tempo per differenziarsi e che manifesta anche una profonda unità e fermezza psichica intraspecifica che attraversa le diverse culture. La specie umana ha in comune con gli animali paura, felicità, cautela, depressione e altre emozioni.

La specie è tuttavia unica per un'infinità di caratteri: per grandezza e complessità del cervello, per cure parentali lunghe, per cultura trasferita in elevatissimo grado, per linguaggio che contribuisce a sviluppare il cervello, per coscienza di sé e pensiero, per intelligenza, superiore di molti ordini di grandezza a quella di animali intelligenti. Ma non è questa l'unica unicità.

Esiste anche l'unicità dell'individuo. L'adattamento del singolo uomo al livello basale (di specie) della natura umana sembra differire da individuo a individuo a tutti i livelli, anatomici, fisiologici, neurofisiologici, comportamentali, cioè da persona a persona.

Ciascun individuo è unico entro la specie; lo testimoniano le prove dall'analisi del DNA (anche i gemelli monozigoti sono diversi), così come le prove che emergono dallo studio dello sviluppo del cervello: le diverse aree del cervello si determinano in modo individuo-specifico. Inoltre, pur essendo dotati di aree cerebrali differenziate, di moduli cerebrali diversi e di moltissimi circuiti neuronali differenti, ognuno di noi si percepisce come profondamente unitario e unico, individuale, indivisibile, un io consapevole di sé.

Allo stesso tempo la nostra specie è la più sociale tra tutte le specie esistenti: noi siamo discendenti di una lunga serie di antenati per i quali la vita era obbligatoriamente gregaria e che ha sviluppato molti comportamenti cooperativi; abbiamo però spinto questa tendenza agli estremi.

La nostra specie fin dagli albori è caratterizzata, come le società degli insetti, da una sofisticata divisione del lavoro, come molte società di mammiferi pratica la spartizione del cibo e la cura dei soggetti indifesi ma, unica tra le specie animali, pratica estensivamente la cooperazione tra individui anche non geneticamente imparentati, anche non appartenenti allo stesso gruppo sociale e dai quali non si aspetta

né un'immediata, né una posticipata reciprocità (quindi con costi senza benefici e senza apparenti secondi fini nei confronti degli altri e della società nel suo complesso).

In altri termini nella nostra specie, più che i comportamenti effettivi che possono essere presenti anche nelle altre specie (anche le formiche spartiscono il cibo), ciò che colpisce sono le capacità che quei comportamenti sottendono: alti livelli di tolleranza, sensibilità verso i bisogni degli altri, capacità di compassione ed empatia, intenzionalità dei comportamenti. Ma qual è allora la nostra vera unicità biologica, la nostra singolarità?

La singolarità sta nel fatto che le nostre menti (e quindi le nostre persone) sono costruite per essere sociali e cooperative (io/tu, unità duale). Nessuna altra specie ha praticato questo sentiero evolutivo così a fondo.

Per concludere

Le forze fondamentali all'opera nell'evoluzione non sono solo la mutazione e la selezione, che certamente operano ma non ne sono gli unici motori; una potente forza costruttiva è la cooperazione che genera nuovi livelli organizzativi, nuove specializzazioni, nuova diversità biologica.

Questo processo senza fine, all'apogeo attuale del suo percorso, genera un vivente, l'essere umano, che non può dire una sola parola, non può compiere un solo atto senza differenziarsi da ciò che non è lui, che afferma il proprio «io» rispetto a tutto quanto non è sé.

Ma allo stesso tempo, questo principio che muove l'io non può prescindere dall'altro, dal «tu»: l'io si percepisce incompleto, mancante, bisognoso del tu, di un altro che lo completi, che lo assicuri, che lo ami fino in fondo.

È questo desiderio che caratterizza l'essere umano: il gesto estremo di altruismo, il sacrificio della propria vita, per altro non infrequente nella specie umana, è espressione del bisogno di ciascuno di noi di essere amati fino in fondo e, allo stesso tempo, testimonianza che si può essere amati fino in fondo.

Carlo Soave (già Ordinario di Genetica agraria e di Fisiologia vegetale presso l'Università degli studi di Milano)

Indicazioni bibliografiche

C. Darwin (1858), *The origin of species*, John Murray, London.

C. Darwin (1871), *The descent of Man, and selection in relation to sex*, John Murray, London.

J. Monod (1970), *Il caso e la necessità*, Est Mondatori, Milano.

M. Nakata, G. Zanchetta, B.D. Chapman, C.D. Jones, J.O. Cross, R. Pindak, T. Bellini, N.A. Clark (2007), *End-to-end stacking and liquid crystal condensation of 6-to 20-base pair DNA duplexes*. *Science*, 318, 1276-1279.

M.A. Novak con R. Highfield (2012), *Supercooperatori*, Codice Edizioni, Torino.

