

EVOLUZIONE

DARWIN FUNZIONA ANCORA



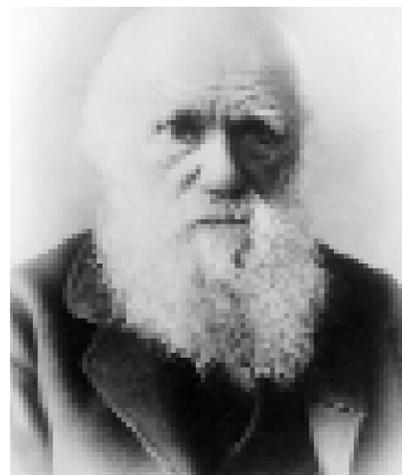
DI CESARE MARCHETTI

Il caso catapultò un giovane, intelligente, entusiasta ed acuto ma impreparato osservatore in una avventura esplorativa. Charles Darwin, imbarcato sulla goletta Beagle, dovette leggere il libro della natura e produsse una delle più rivoluzionarie idee dell'Occidente: l'evoluzione della specie.

Parlando di origine delle specie la mente corre a Charles Darwin, nonostante esista qualche suo predecessore ed infi-

niti suoi successori. In effetti, la sua personalità e l'influenza che ebbe da subito sui suoi contemporanei portano a paragonarlo a quello che Galileo è stato per la fisica e la filosofia della ricerca scientifica.

Quello che dice Darwin è concettualmente semplice: le specie viventi sono delle strutture mutabili che si adattano all'ambiente in cui vivono, attraverso una variabilità intrinseca che esplora la validità di strutture alternative. Nel linguaggio odier-



no, il DNA che descrive un individuo subisce continuamente dei piccoli cambiamenti – mutazioni – che portano nella discendenza a degli individui mutati, cioè diversi. La loro capacità di sopravvivere e riprodursi costituisce il test di valore e di scelta. Questi individui sono un nuovo punto di partenza e così il processo evolutivo non si ferma mai.

L'idea è semplice e si è rivelata di grandissima generalità. Visto con l'occhio del DNA, l'individuo è un messaggio e l'evoluzione consiste in progressive modifiche congruenti con l'ambiente in cui è immerso. Anche la conoscenza in generale – e la scienza in particolare

Charles Robert Darwin (1809-1882), naturalista inglese. Studiò medicina e teologia. Scrisse "Sull'origine delle specie per selezione naturale", che fu pubblicato nel 1859.



IL CONTESTO DI DARWIN

– sono costituite da messaggi e si può ricercare se la teoria di Darwin funziona al loro interno. Funziona. Io stesso ho potuto utilizzare l'idea in una ricerca piuttosto astratta sui limiti della conoscenza. Le leggi della fisica, ad esempio, vengono ipotizzate dai fisici e poi sperimentate per accertarne la consistenza con il mondo esterno. Queste ipotesi si formano nella nostra mente con processi di mutazione a roulette molto simili a quelli del DNA. Una versione semplice di questa analisi si trova in "Logos il creatore di imperi" (2003), scaricabile dal mio sito. La tesi è che il linguaggio sia l'ultimo stadio evolutivo del DNA e, seguendo gli schemi di azione di quest'ultimo, quando un nuovo strato gerarchico viene aggiunto, questo cercherà il controllo di quelli sottostanti: il DNA, ad esempio, attraverso l'ingegneria genetica e simili. Siamo ancora in pieno gioco evolutivo. Dal punto di vista formale, l'evoluzione di queste strutture è stata modellata da Manfred Eigen negli anni Cinquanta. Gli è valsa un premio Nobel nel 1967.

energia e tempo, perché un certo numero di individui devono essere "costruiti" e gettati nella mischia per vedere quello che valgono. La maggior parte delle mutazioni, essendo fatte a caso, non portano benefici, anzi sono di solito dannose. Sarebbe dunque molto utile avere dei criteri di scelta a livello ancora informatico, diciamo del DNA, che diano un valore alle strutture prima dell'esperimento. I meccanismi di preselezione in effetti esistono, come ho mostrato nel mio lavoro sulla conoscenza, ed in termini correnti si chiamano criterio logico e criterio estetico. **Si può sorridere al pensiero che un insetto posseda un criterio estetico, ma si dà il caso che i fiori che si fan belli per attirare meglio gli insetti siano poi belli anche per noi.** Essendo il mondo da conquistare lo stesso, i meccanismi di scelta devono essere convergenti. Per fare un esempio di come questi meccanismi funzionano ed in ultima analisi della loro fondamentale importanza, parlerò della matematica. Formalmente si tratta di una struttura logica in cui dei

teoremi vengono dedotti a partire da una serie di assunti che si chiamano postulati. I matematici di tanto in tanto si provano a ridurre la matematica ad un sistema logico. Questo fu un pallino persistente di un famoso matematico piemontese, Giuseppe Peano, che però non ci riuscì. Nella nostra ottica è facile dimostrare perché. Un computer può costruire dei teoremi a partire dai postulati, quando però questi teoremi vengono presentati ad un matematico, questo dirà che sì, sono giusti, ma banali. Esiste cioè un criterio di scelta esterno alla logica, ed è un criterio estetico.

La scelta estetica facilita la vita all'evoluzione perché i suoi criteri contengono informazioni essenziali sul mondo esterno, che distinguono cioè quello che può funzionare e quello che non può. Anche questi criteri si sviluppano evolutivamente, con il meccanismo del "passa - non passa" (una mutazione può modificare il criterio e se l'essere vivente che lo usa ne viene facilitato perché le sue scelte migliorano, la nuova versione viene conservata nella progenie e co-

Charles Darwin nacque il 12 febbraio 1809 a Shrewsbury, in Inghilterra, quinto figlio di Robert Waring Darwin e Susannah Wedgwood, della famiglia proprietaria della fabbrica di ceramiche Wedgwood. Il padre era un medico e così il nonno, Erasmus, e la famiglia viveva in una residenza di campagna.

Robert Waring Darwin era un omone autoritario, che tendeva a schiacciare la personalità del figlio, mentre Erasmus era fantasioso ed empirico: scriveva versi scientifici e sulla evoluzione – ancora poetica e non darwiniana. Apparteneva ad un club scientifico di Birmingham chiamato "Lunar Club", i cui membri erano naturalmente detti "I Lunatici".

I Wedgwood, ramo materno della famiglia di Charles Darwin, vivevano in una lussuosa villa non lontanissima dalla casa paterna, così che Charles passava molto tempo dagli zii. Avevano anche tre figlie e Charles da adulto ne sposerà una: Emma. I Wedgwood hanno avuto un importante ruolo riguardo al viaggio sul Beagle. Infatti Charles in un primo tempo ne aveva parlato al padre che lo aveva fortemente dissuaso, mentre lo zio Josiah Wedgwood lo incoraggiò moltissimo, definendo il viaggio una occasione irripetibile e aiutò il giovane ad ammorbidire il padre.

Visto che Charles si intendeva bene con le figlie, Josiah pensò anche che un giro intorno al mondo in una scomodissima goletta lo avrebbe forse maturato un po'. Charles Darwin trafficava con le scienze naturali come dilettante. Raccoglieva scarabei nel giardino di casa. Il suo professore di botanica a Cambridge, Henslow, lo portava spesso a fare delle escursioni di esplorazione, personali ma presumibilmente a livello scolastico. Il geologo di Cambridge, Adam Sedwick, lo portò in giro nel Galles per farsi aiutare a disegnare delle mappe geologiche della zona. Ma tutto sommato Charles lavorava sul "raccolticcio". Aveva però un interesse fortissimo per la natura, unito a intelligenza, memoria, spirito di osservazione e perseveranza, le qualità che fanno il genio, e che alla lunga furono la sua arma vincente.

Charles sposò la cugina Emma Wedgwood nel 1839 ed ebbe da lei dieci figli. Emma era bella, vivace, intelligente, mentre Charles cominciava a rinchiudersi nelle sue misteriose malattie. Emma fu per lui una grande fonte di vitalità. Iniziarono a vivere a Londra, ma Charles amava stare in campagna e si spostarono in una bella casa vittoriana: Down House nel Kent, una ventina di chilometri da Londra. Lì Charles lavorava scientificamente tre ore ogni mattina, poi leggeva, passeggiava, andava a cavallo e si dedicava alle attività tipiche della campagna. È in questa casa che maturò la versione finale della teoria dell'evoluzione delle specie. In questo periodo i suoi interessi giovanili per la letteratura e la musica si affievolirono, la sola cosa che lo interessava era la ricerca scientifica. I geni tendono a diventare monomaniaci e Charles non sapeva che l'estetica è la quintessenza della ricerca scientifica. Charles Darwin fu un padre esemplare e affettuosissimo per i sette figli che gli rimasero, forse cercando di controbilanciare la figura di un padre eccessivamente burbero.

Dopo "Sull'origine delle specie per selezione naturale", scrisse altre otto opere importanti tra cui "La discesa dell'uomo". La sua reputazione crebbe, ma la Chiesa fu sempre attenta a che non venisse onorato troppo. Ebbe un dottorato *honoris causa* a Cambridge. Down House è ora un museo, mentre le Galapagos ospitano una stazione di ricerca biologica intitolata a Charles Darwin.



Josiah Wedgwood (1730-1795) fondò nel 1759 la famosissima fabbrica di maioliche che porta il suo nome (www.wedgwood.com). L'amico Erasmus Darwin (medico, botanico e poeta) iniziò ad aiutarlo nel 1780, ed il figlio Robert sposò la figlia di Josiah, Susannah Wedgwood, da cui nacque quel Charles Robert Darwin che elaborò la teoria della evoluzione delle specie viventi.

IL CRITERIO ESTETICO

Le specie viventi contengono dei meccanismi per cambiare e la lotta per la sopravvivenza porta alla selezione dei mutanti più efficienti e, progressivamente, alla creazione di nuove specie.

Ritornando agli esseri viventi, la sperimentazione è costosissima in



Un'ape da miele (Apis mellifera) raccoglie il polline di un fiore (Symphyotrichum novaeangliae). Anche gli insetti sono guidati nelle loro ricerche da una sorta di "gusto estetico".

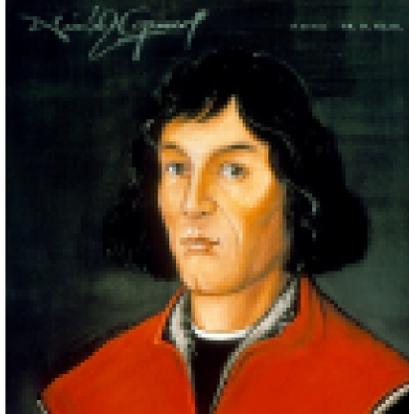
stituisce la base per un ulteriore miglioramento).

Il criterio estetico dunque si evolve importando informazione sul mondo esterno. È così che noi uomini possiamo costruire dei modelli che abbiano buona probabilità di funzionare, come nel

caso della scienza, e che dobbiamo però confermare con l'esperimento. Questo interpreta il fatto, che stupiva tanto Einstein, che la matematica, uscita come Minerva dalla nostra mente, sia poi così efficiente nel descrivere il mondo esterno.

UN LUNGO VIAGGIO

Del lento progresso per creare una nuova teoria di portata universale e del tenace lavoro che ci sta dietro.



Niccolò Copernico (1473-1543), l'astronomo polacco che nel 1512 sviluppò per primo un completo modello matematico della teoria eliocentrica. La sua visione dell'universo contrastava con quella tolemaica, divenuta dottrina ufficiale della Chiesa Cattolica Romana, la quale affermava da più di 1.000 anni la centralità della Terra nell'universo. Copernico, temendo una persecuzione da parte della Chiesa, ritardò la

pubblicazione del suo libro nel quale esponeva la nuova teoria fino al 1543. Il libro fu messo all'indice dalla Chiesa nel 1616 e fino al 1835.

Questo breve excursus iniziale serve a mostrare l'inaudita potenza del verbo darwiniano, che è capace di organizzare tutta la biosfera, incluso l'uomo e la sua civiltà, provvedendo gli strumenti per una sua costruttiva interpretazione formale. Naturalmente, accettarlo è stato molto più difficile che accettare la non centralità dell'uomo nell'universo, che Copernico pubblicò dopo la morte per evitare guai personali. Anche Darwin ci fece un pensierino, e nel 1844 scrisse una lettera per la moglie dicendo di dare 400 sterline ad un editore per pubblicare le sue memorie postume.

Darwin se la cavò poi per una serie di circostanze, ma l'opposizione fu feroce e le implicazioni filosofiche e teologiche continuano ancor oggi a scaldare gli animi. **Piccola curiosità, una agit prop religiosa, Lady Elisabeth Hope, scrisse su un giornale di Boston, qualche giorno dopo la morte di Charles Darwin, che le ultime parole di Darwin da lei raccolte erano un'abiura alla sua teoria.** Lo scoop ebbe un certo seguito. Certo, una creazione in toto da parte di una divinità benevola è molto più rassicurante ed intellettualmente meno impegnativa.

Quando la goletta Beagle salpò, nel 1831, per un viaggio esplorativo intorno al mondo, con lo scopo centrale di raccogliere informazioni nautiche ad uso della Marina

Britannica, Darwin era uno sbarbatello, aveva 22 anni. Lo era anche l'efficientissimo capitano della nave, Robert Fitzroy, che ne aveva 23 ed aveva già portato la nave una volta in Sud America. Il caso che li unì in questa impresa ricorda molto la potenza del destino.

Darwin era di famiglia molto benestante ed era stato mandato a studiare al Christ's College di Cambridge dove si distinse per la sua simpatia, la vitalità e la bravura nella caccia alla pernice. Il suo obiettivo a lungo termine era di diventare pastore anglicano. L'insegnante di scienze naturali, J.S. Henslow, un religioso, lo aveva preso a benvolere e lo portava in spedizioni varie, botaniche e mineralogiche, nei dintorni. George Peacock, un matematico di Cambridge che aveva il compito di nominare un naturalista a bordo delle navi di esplorazione, aveva pensato a Henslow. Sua moglie però gli fece una scena madre – incidentalmente, egli avrebbe dovuto stare

fuori di casa diversi anni – ed il poverino rinunciò suggerendo il suo allievo prediletto... Darwin e Fitzroy erano intrisi di Bibbia e lo scopo dichiarato di Darwin era di poter confermare la validità dei testi sacri sulle questioni della vita e della storia della Terra. Dopotutto il diavolo aveva cominciato la sua carriera come angelo...

Darwin arrivò a formulare la sua teoria a tentoni, visto che era sveglio ma ignorantello. Però i fatti che osservava nei contesti più diversi non quadravano quasi mai con la Bibbia. Un impulso importante gli fu fornito dalla visita alle isole Galapagos, una delle tappe del lunghissimo viaggio intorno al mondo del Beagle (dal 1831 al 1836). Queste isole sono piuttosto distanti dal continente sudamericano e le correnti atmosferiche ed oceaniche rendono molto improbabile l'arrivo sul luogo di piante ed animali provenienti dalla terraferma. In effetti, poca "roba" è arrivata sulle isole in milioni di anni: tra questa, dei fringuelli. Bisogna tener presente che l'ambiente a cui una specie deve adattarsi è costituito soprattutto dalle specie che lo coabitano, ed in particolare da quelle concorrenti. La convivenza è resa possibile dalla naturale frammentazione delle risorse naturali del territorio in nicchie ecologiche, il che permette alle specie di non litigarsi il cibo. I fringuelli trovarono libere tutte le



Le isole Galapagos (che appartengono all'Equador) prendono il nome dalla parola spagnola usata per i gusci delle tartarughe giganti che vi abitano (galapago). È noto che tali tartarughe possono vivere più di 150 anni. Qualche tartaruga nata ai tempi della visita di C.R. Darwin potrebbe dunque essere ancora in vita.



La goletta Beagle rappresentata, in una antica incisione, al largo del Sud America. Darwin salì a bordo il 27 dicembre 1831. Nonostante fosse lungo solo 30 metri, il Beagle circumnavigò il globo.



Disegno (del 1860) di uno scheletro di Orangutan a confronto con quello di un uomo, per mostrarne somiglianze e differenze.

usuali nicchie per uccelli: quella dei semi, quella dei vermetti ecc. Poiché ciascuna nicchia richiede delle specializzazioni, ad esempio nella forma del becco, i fringuelli cominciarono a speciare per occupare efficientemente queste nicchie. Di fronte alla collezione di becchi che i fringuelli avevano sviluppato, Darwin, col tempo, considerò quest'ultima un punto di appoggio fondamentale per la sua teoria.

the origin of species", che apparve solo nel 1859, trentatré anni dopo il rientro del Beagle:

- che le specie evolvono ma i cambiamenti sono lentissimi e richiedono migliaia e milioni di anni;

- che il meccanismo primario dell'evoluzione è un processo chiamato selezione naturale;

- che le milioni di specie che vivono oggi sulla Terra sono tutte imparentate e discendono per rami da una singola forma originale di vita.

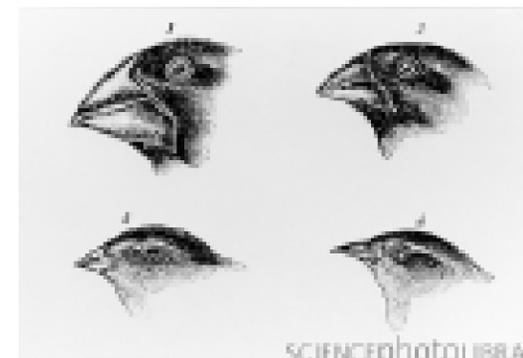
I trentatré anni precedenti la pubblicazione del testo, Charles li passò a lavorare e a macerarsi. Varie persone furono fondamentali per chiarirgli le idee. Darwin non aveva in realtà riconosciuto tutti i suoi fringuelli mascherati con becchi di fantasia, fu l'ornitologo e disegnatore John Gould che nel 1837 poté definirli tutti fringuelli modificati. **Prese anche molte vie traverse per tenersi attivo senza sputare il rospo, di cui aveva parlato a qualche amico fidatissimo come il botanico di Kew, Joseph Hooker, chiamandolo the murder: l'omicidio.**

UNA VITA DI STUDIO

Darwin ruminò per anni la grande massa di osservazioni che aveva raccolto nel suo viaggio intorno al mondo e trovò il coraggio di raccontare il suo "omicidio": Dio non ha creato le specie, ma la lotta per la sopravvivenza.

Ritornato a Londra, Darwin formalizzò progressivamente le sue idee e affermò nel suo libro "On

Disegno storico di teste di fringuelli delle Galapagos, tracciato da Charles R. Darwin per il suo libro "Viaggio di un naturalista" (Londra 1889). Gli studi sulle diverse sub-specie di questi uccelli aiutarono Darwin a sviluppare la sua teoria dell'evoluzione.



L'EVOLUZIONE METABIOLÓGICA

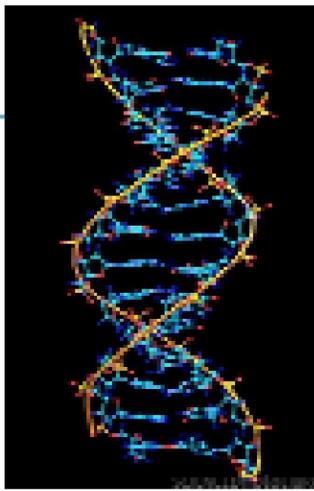
Gli esseri viventi sono come dei computer, di cui il DNA costituisce la programmazione principale. Essi sono però anche capaci di manipolare informazione oltre il DNA, attraverso complessi sistemi di trasporto e di calcolo a livello molecolare e del sistema nervoso. Salendo nella gerarchia, nel caso dell'uomo, anche attraverso il linguaggio e la cultura. Nel 1996, al termine di una ricerca sponsorizzata dalla Sloan Foundation di New York, ho pubblicato un lavoro su questo soggetto: "Sui limiti della conoscenza esplorati con logica darwiniana" (scaricabile dal mio sito web), dove linguaggio, cultura, sociologia, economia, scienza e tecnologia, cioè tutto il bazar delle attività umane, sono riportati nel loro alveo naturale di evoluzione darwiniana con tutte le analogie al loro posto e senza cesure evolutive.

A un livello più specializzato, quello dei messaggi e delle idee, lo zoologo di Oxford Richard Dawkins già nel 1976, nel suo libro "Il gene egoista", aveva introdotto il concetto di *memes*: blocchi di informazione paralleli ai *genes* che si diffondono nei cervelli delle persone come se fossero dei virus. I *memes* informatici che infettano i nostri computer vengono chiamati direttamente virus. Il punto debole di questa analogia è che i *memes* in questione, una volta usciti da un cervello, non si evolvono indipendentemente con mutazione e selezione come fanno i virus informatici. Forse una immagine più pertinente è quella del "Leviathan", del filosofo Hobbes, nel quale gli uomini di una nazione vengono assimilati alle cellule di un organismo. In effetti, molti zoologi tendono oggi a considerare uno sciame di insetti sociali, formiche o api, come un organismo il cui collante è il trasferimento di informazione. La cosa era stata vista anche da Darwin, che incidentalmente aveva osservato quasi tutto ed era affascinato dalla coordinazione di eserciti di formiche, che non vedevano né udivano ma operavano in perfetta coordinazione, come soldati ben esercitati.

Come talvolta succede, mi scontrai per caso con questo problema cercando di risolvere il problema dell'evoluzione secolare della struttura dei mercati energetici. Trovai che le equazioni di Volterra-Lotka, che erano state create negli anni Venti per modellare le sostituzioni di specie nelle nicchie ecologiche, funzionavano benissimo anche per i mercati energetici. Passando da un problema all'altro, nel corso di trenta anni di ricerche, trovai che le equazioni funzionano sempre: nell'economia, nella sociologia, nella politica e nel comportamento personale. Ho analizzato migliaia di casi.

Noi siamo un superindividuo tenuto insieme ed organizzato soprattutto dalla parola. Ho recentemente presentato ad un workshop NATO un paper intitolato "Is History Automatic and Are Wars a la Carte?": la storia e le guerre fanno parte della fisiologia di questo superindividuo e sono quantificabili e prevedibili come processi.

Dinosauro dotato di quattro ali. Il Microraptor gui era un dinosauro veleggiatore dotato di penne su tutti e quattro gli arti. Questo animale era lungo circa 70 centimetri e visse nel primo Cretaceo, circa 130 milioni di anni fa. La sua scoperta dimostra che gli uccelli si evolsero a partire da altre specie già volanti, anziché corridori terrestri.



Molecola di DNA. Disegno realizzato al computer della struttura dell'acido desossiribonucleico. Il DNA è composto da due "fili" piegati in una doppia elica. Esso contiene sezioni chiamate "geni", che possiedono le informazioni in base alle quali si sviluppano gli organismi viventi.



distanti e disinteressati. Finché non si tocca il nervo della priorità. Scatta allora la belva assopita. Nel caso di Darwin scattò la necessità di pubblicare, costi quel che costi. Invece di un dotto tomo, egli diede alle stampe una sorta di scoop: "Sull'origine delle specie", appunto (ne vendette tutte le 1.250 copie lo stesso giorno che uscì). Però non entrò nella

questione dell'origine dell'uomo. Era solo prudenza, nel 1838 aveva già scritto in un suo appunto: "L'uomo nella sua arroganza si considera una grande opera, che val bene l'intermediazione di un Dio. Più umilmente io penso che sia vero considerarlo come creato dagli animali". Nel suo giro del mondo egli aveva d'altronde visto uomini che all'occhio raffinato di

un Whig di ottima famiglia inglese sembravano certo "spiccati" alle scimmie. Anche Wallace era un pezzo da novanta e anche lui è finito a Westminster, incidentalmente con molti più onori di Darwin. Il quale poté però conservare la sua priorità grazie agli amici influenti che avevano precedentemente visto i suoi appunti e sapevano che egli era arrivato prima

alla stessa teoria, sia pur di poco. Darwin era un ammiratore di Malthus, le cui teorie postulavano una tendenza delle popolazioni a crescere al di sopra delle risorse disponibili. Questo dava un'arma interpretativa alle teorie di Darwin, in quanto all'interno di una stessa specie l'eccesso di popolazione creava quella situazione di estrema competizione, che era alla base della selezione naturale degli individui più adatti a sopravvivere. Il postulato fu a lungo considerato un cortocircuito logico nella teoria dell'evoluzione, perché la sopravvivenza del più adatto era un po' svuotata dalla definizione del più adatto come di quello che sopravvive. La situazione malthusiana si manifesta nel fatto che di solito è vantaggioso per le specie avere una grande capacità riproduttiva che le aiuti in periodi difficili a riprendersi rapidamente (ad esempio da malattie e distruzioni varie ad opera di predatori e parassiti) e quando una nicchia ecologica si presenta, per poterla occupare a tamburo battente. **È ben noto l'aneddoto di una coppia di mosche, la familiare *Musca Domestica*, che potrebbe coprire la Terra con la sua discendenza in pochi mesi se tutti i suoi discendenti sopravvivessero e si riprodussero.**

È facile supporre che, crescendo di numero, le risorse diminuiscano e i predatori ed i parassiti aumentino. Ma i dati sperimentali non si pre-

Uno sciame di api da miele. Originarie dell'Asia del sud, sono ormai diffuse in tutto il mondo. Sono insetti altamente sociali, che riescono ad organizzarsi in efficienti gruppi ad altissima "densità abitativa". Il miele è una soluzione zuccherosa che le api usano per alimentare i loro piccoli.



L'evoluzione della vita sulla Terra, a partire dalle amebe. Le forme di vita si svilupparono dapprima attraverso specie marine e quindi con i primi mammiferi.

stano quantitativamente a tali interpretazioni. Gli ecologisti sono stati ossessionati per decenni da questo problema, perché le risposte vanno al nucleo delle teorie ecologiche, con svariati risvolti economici. Ad esempio, è molto importante poter calcolare quanti pesci o selvaggina possono essere uccisi senza che la popolazione imploda. Ci si potrebbe in prima istanza aspettare che la popolazione cresca in proporzione agli individui presenti finché c'è posto e da mangiare, una crescita cioè di tipo esponenziale. Non succede però così. Già nel 1845 l'etologo belga Verhulst mostrò che l'evoluzione di una popolazione può essere rappresentata da una equazione logistica, una semplicissima equazione non lineare a tre parametri che ho utilizzato centinaia di volte nelle mie ricerche. Se fosse così, la velocità di crescita della popolazione dipenderebbe dalla popolazione stessa, moltiplicata per la frazione di nicchia ecologica non ancora occupata. Una relazione magica: perché così la velocità di crescita va a zero quando la nic-

chia è piena.

Bisognerebbe però capire in dettaglio come la popolazione percepisce questa "pienezza" e trasmette gli opportuni segnali al sistema riproduttivo. Tanto per mostrare che il problema è vivissimo ancor oggi, e sostanzialmente non risolto, riporto un lavoro pubblicato da R. Sibly ed altri autori su Science del 22 luglio 2005, con il titolo "Della regolazione delle popolazioni di mammiferi, uccelli, pesci ed insetti". Naturalmente, per sapere tutto bisogna leggere l'articolo, che esplora 1.780 serie storiche sulla crescita di queste popolazioni. Il fatto è che il problema viene solo parzialmente risolto. In effetti, è vero che il tasso di crescita è alto a basse densità e poi decresce, non va però poi a zero come l'equazione logistica suggerisce. Di conseguenza, le popolazioni tendono, sia pur lentamente, a crescere nell'area malthusiana. Questo, secondo me, fa parte di uno dei meccanismi di base dei sistemi biologici: l'esplorazione dei dintorni dell'albergo quando si è arrivati. Anche il cuore, ad esempio, finché è sano, esplora i battiti ottimali aumentandoli e diminuendoli continuamente.

La teoria di Darwin rivoluzionò alle radici la visione del mondo, il monolito della creazione diventava un fluido turbolento in continua evoluzione. Non c'era più un Dio razionale, ma un caso onnipotente che fa e disfa senza una visione provvidenziale né giusta. Il buon comandante Fit-

La ricercatrice americana Cynthia Kenyon (al centro) nel suo laboratorio nella Genentech Hall (foto di Robert Foothorap - 29 luglio 2003). Durante le sue ricerche sull'invecchiamento la Kenyon è riuscita ad estendere la vita di un verme *C. Elegans* fino a sei volte la sua durata normale.



zroy, che si era reso conto di essere stato la pietra cote su cui Darwin aveva affilato i suoi argomenti, si suicidò a soli 59 anni. Darwin, una volta superata la paura iniziale, cominciò a trarre conclusioni sempre più raccapriccianti: vince chi sopravvive ed il sesso come strumento di continuità assume un ruolo centrale nella teoria. Visti oggi con cinico distacco, noi siamo delle complesse astronavi che il sesso ha costruito per essere portato in giro per il mondo e fare buoni incontri (detto con parole mie: i commenti dei contemporanei erano ben più crudi). Il criterio estetico aiuta a scegliere un partner che migliori la probabilità di una prole di successo. La teoria ha preso nuovo slancio con la scoperta del DNA. Le osservazioni macroscopiche trovano così una spiegazione nei meccanismi molecolari. E abbiamo ora uno strumento per guidare "razionalmente" l'evoluzione in un senso o un altro: speriamo bene.

All'interno degli esseri viventi il processo evolutivo ha delle limitazioni importanti. Rappresentando un individuo come un punto in uno spazio geometrico, l'evoluzione della sua specie si può rappresentare con una linea curva. Esiste dunque una continuità che non può essere rotta, *natura non facit saltus*, e che può lasciare inesplorate grandi isole potenziali, accessibili però con un meccanismo esterno come l'ingegneria genetica. Come ho ipotizzato nei miei lavori, il linguaggio può essere considerato una struttura informatica che opera come il DNA e permette la creazio-

ne di strutture non accessibili evolutivamente al DNA stesso. Gli strumenti diventano esterni, con proprietà nuove. Lo strumento di selce ne è un esempio come la nave spaziale o il reattore nucleare. Sono oggetti certamente meno sofisticati e complessi di un'ala di uccello, ma inaccessibili attraverso un percorso strettamente biologico.

LEGGE UNIVERSALE

Le grandi idee sono potenzialmente più generali di quanto non pensino i loro creatori.

La teoria dell'evoluzione ha continuato a svilupparsi dopo Darwin con infiniti perfezionamenti ed estensioni, ma senza cambiare gli assunti originari. Forse solo la termodinamica può vantare una tale persistenza. Notevole, negli anni Venti, la formulazione matematica della competizione tra specie, fatta da Volterra e Lotka, la quale ha generato le equazioni differenziali che portano i loro nomi. Inciden-



talmente, ho utilizzato per 30 anni queste equazioni nelle mie ricerche sui sistemi sociali ed economici, verificandone la loro potenza descrittiva, e verificando che questi sistemi si comportano come quelli biologici. È curiosa la possibilità offerta di un'estrema riduzione: **la biologia nei suoi più recenti progressi mostra la sostanziale analogia tra mosche, uomini e topi.**

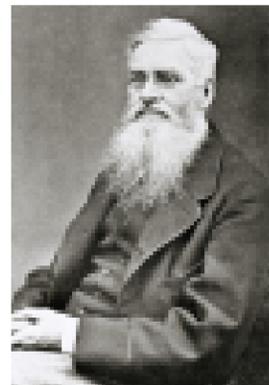
Il legame evolutivo si rivela non solo attraverso i meccanismi accertati dell'evoluzione, ma anche attraverso la sostanziale identità dei meccanismi vitali, sotto le spoglie immensamente varie dei viventi. Tanto per citare un esempio divertente, gli studi più interessanti sui meccanismi della longevità vengono fatti su un vermetto di circa un millimetro di lunghezza costituito da circa mille cellule, il *Caenorhabditis elegans*. Si dà il caso che trecento di queste cellule siano di tipo nervoso (a cervello ci batte!) e che gli ormoni del *Caenorhabditis elegans* siano analoghi ai nostri. Manipolando i meccanismi di invecchiamento, la ricercatrice americana che è meglio penetrata nella sua biologia, Cynthia Kenyon, ha potuto prolungarne la vita di sei volte, da venti a centoventi giorni: l'evoluzione è nelle nostre mani.

Uno dei quesiti dell'evoluzione, che suscita sempre curiosità, è come l'uomo sia venuto in possesso di un cervello così grande in relazione al suo peso corporeo, e la spiegazione può anche servire a mostrare le vie traverse dei meccanismi evolutivi. In effetti, il proto-

Homo neanderthalensis. Gli "uomini di Neanderthal" erano ominidi (parenti dell'uomo) che abitarono l'Europa e l'Asia occidentale fra 230.000 e 29.000 anni fa. La loro struttura fisica era adatta alla sopravvivenza in un ambiente freddo. I loro cervelli erano circa il 10% più grandi di quelli dell'uomo moderno.

ALFRED RUSSEL WALLACE, IL SECONDO GENIO DELL'EVOLUZIONE

Charles Darwin vinse per un'incollatura la gara a chi pubblicò per primo la teoria evolutiva, visto che il Wallace era arrivato a conclusioni simili in tempi vicini. Ma chi era questo Wallace di cui è rimasta così poca memoria? Era nato nel 1823 nel Gwent, l'ottavo di nove figli di Thomas Vere Wallace il quale, dopo una giovinezza agiata per via di un'eredità, si dedicò a questo e quello per sbarcare il lunario, incluso gestire la biblioteca comunale, cosa che aprì un mondo di letture ad Alfred. Essendo le risorse scarse, i fratelli si diedero da fare come agrimensori ed altro. In questo periodo Alfred venne in contatto con le teorie del socialista utopico Robert Owen che contenevano spunti evolutivi, sia pur riferiti al sociale. Si era sempre divertito a collezionare insetti, ed un libro di Williams H. Edwards, "A Voyage up the River Amazon", gli diede l'ispirazione per diventare un raccoglitore di campioni di flora e fauna. Sembra che all'epoca fosse un mestiere scomodo ma redditizio. Partì con un amico, anche lui raccoglitore, per Parà (Belèm). Avevano 25 e 23 anni. Questi giovani lavoravano come pazzi, Wallace non solo raccolse animali e piante, ma fece vocabolari per le popolazioni che incontrava. Nel 1852 decise di tornare a Londra: la vendita delle sue collezioni gli avrebbe procurato un buon gruzzolo. Purtroppo il suo brigantino finì in una tempesta ed affondò. Lui fu raccolto da una nave di passaggio e si salvò per un pelo, anche perché il secondo vascello rischiò di affondare anch'esso in una tempesta. Le collezioni erano perse ma la loro parziale assicurazione diede a Wallace i mezzi per sopravvivere qualche tempo. Scrisse un paio di libri che gli procurarono una certa fama e, nel 1854, il finanziamento da parte della Royal Geographical Society per un viaggio nell'arcipelago indonesiano. Lavorò lì come un folle per otto anni: la sua collezione arrivò a 125.000 specie di cui 1.000 sconosciute. Percorse 20.000 chilometri per visitare le innumerevoli isole dell'arcipelago, scrisse poi un libro apprezzatissimo su queste esplorazioni, "L'arcipelago Malese". A questo punto si può ben pensare che le basi empiriche per formulare una teoria dell'evoluzione non gli mancassero. Inoltre Wallace non era impigliato in problemi biblici ed anzi le teorie politiche di Owen lo avevano indirizzato nel verso giusto.



Ritratto di Alfred Russel Wallace (1823-1913). Naturalista inglese, all'età di 55 anni Wallace organizzò spedizioni in Amazonia e in Malesia e fu il primo europeo a vedere gli Orangutan nel loro habitat naturale. Fondò la zoogeografia. Comunicò le sue idee sull'evoluzione delle specie a C. Darwin, che stava lavorando nella stessa direzione.



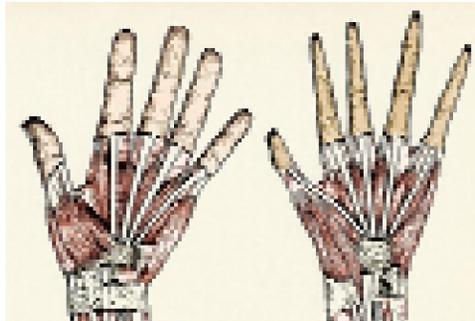
Immagine satellitare del Sud America. La parte settentrionale del continente è dominata dalla foresta pluviale amazzonica, attraversata dal Rio delle Amazzoni, che sfocia a est, nell'Oceano Atlantico.

uomo, l'*Homo habilis*, era relativamente ben dotato, con 600 grammi o giù di lì di cervello, contro un peso corporeo di 40 chili. Il problema è complesso, perché la crescita di corpo e cervello è contestuale. In un recente studio, Leslie Aiello ha mostrato che per i primati, il cui peso va da 10 grammi a 150 chili, il

peso complessivo degli organi interni – cuore, fegato, milza, reni, intestino e cervello – è sempre una frazione costante del peso totale dell'animale: nel corso della loro evoluzione il peso relativo di questi organi è potuto cambiare, la somma restando costante. Quando l'uomo riuscì a dominare il fuoco,

diciamo orientativamente 700.000 anni fa, la sua alimentazione fu progressivamente rivoluzionata perché la cottura rende molte cose digeribili ed altre molto più digeribili. Restando costante la domanda energetica, l'intestino cominciò a ridursi di peso lasciando spazio ad altri organi per crescere.

Poteva così crescere il cuore, e dare più sprint all'individuo, o altre cose. Crebbe il cervello, che ovviamente dava più vantaggi selettivi degli altri organi. L'aumento in peso del cervello corrisponde in effetti, punto per punto, alla diminuzione dell'intestino. Dettaglio curioso, si è recentemente scoperto, analizzando i resti di collagene attaccato alle ossa, che l'uomo di *Neanderthal* era strettamente carnivoro, e cuoceva la sua carne: dunque il suo intestino doveva essere ancora più piccolo di quello degli ominidi onnivori. E infatti il suo cervello era due o tre etti più pesante del nostro. Questo non vuol necessariamente dire che fosse più intelligente di noi, ma le premesse c'erano. Vista la forma del cranio, forse si era straordinariamente sviluppato il suo sistema visivo. A questo proposito, c'è una cosa che mi ha sempre lasciato perplesso: le spettacolari pitture delle grotte dei Pirenei e dintorni, che per me valgono un Leonardo, sono



opporsi alle altre dita. Nella mano della scimmia il muscolo e il tendine del pollice seguono lo stesso andamento di quelli delle altre dita, consentendo solo movimenti simili.

A sinistra una mano umana, a destra quella di una scimmia (un macaco). La pelle è stata rimossa per mostrare i muscoli e i tendini. La mano umana ha un grande muscolo appoggiato sopra al tendine del pollice. Questo permette al pollice di

state fatte durante il periodo in cui i *Cro Magnon* ed i *Neanderthal* convivevano in quei territori. Perché non dopo che i *Neanderthal* sono scomparsi? **Un altro problema che di tanto in tanto viene posto è se l'uomo continui a evolversi.** A lume di naso sembrerebbe di no, perché si fa il meglio per evitarlo. Gli uomini di successo, che presumibilmente hanno più numeri degli altri, generano poi meno figli, così come le donne con buone qualità intellettuali o estetiche fanno carriera e hanno anch'esse pochi figli. C'è però un problema che i biologi, accecati dalla po-

tenza del DNA, sembrano trascurare. Le cellule germinali trasmettono anche il citoplasma, cioè il materiale che costituisce la cellula e che è pieno zeppo di molecole di regolazione. Il citoplasma è compagno e testimone di tutta la vita dell'individuo ed anche lui impara questo e quello on-line. Miles Storfer, della Foundation For Brain Research, in un esteso lavoro esamina il problema di un possibile trasferimento di informazione "lamarckiana" al citoplasma delle cellule germinali, in particolare agli spermatozoi, che vengono prodotti *just in time* da un complesso apparato (di Sertoli), dove sono soggetti ad una sequenza di trattamenti che durano almeno un mese e che potrebbero effettuare il trasferimento. **Si notano molte cose variamente interpretabili, ad esempio che i figli di padre anziano sono in media più intelligenti, indipendentemente dall'età della madre. Si è anche notato un progressivo aumento del peso del cervello, che è già di suo una costruzione molto plastica, che si adatta alle condizioni dell'ambiente.** Non a caso i gatti di casa hanno cervelli più piccoli di quelli selvatici: il cibo scende dalla scatoletta! Anche nell'evoluzione del cervello ci sono dei limiti forti: il cervello dell'uomo, ad esempio, pesa il 2% del totale del corpo e consuma ben il 20% dell'energia. Queste considerazioni si riferiscono a ricerche ancora fluide e le riporto qui anche per mostrare quanto il darwinismo sia tuttora in piena evoluzione. 

L'AUTORE

Cesare Marchetti si è laureato in fisica alla Normale di Pisa nel 1949. La sua carriera inizia nel 1950 a Milano, al Centro Informazione Studi ed Esperimenti, dove lavora come ricercatore in chimica, fisica e ingegneria chimica della produzione di deuterio. Dal 1956 al 1958 svolge le sue ricerche di fisica applicata ai sistemi meccanici presso l'Istituto Battelle di Ginevra, occupandosi in particolare di problemi legati all'industria ferroviaria e orologiera. Dal 1958 al 1959 dirige la Sezione di chimica fisica di Agip Nucleare, dove organizza un team di ricerca per lo studio dei combustibili e dei materiali destinati ai reattori a raffreddamento a gas. Dal 1959 al 1973 è a capo del Dipartimento Materiali del Centro Comune di Ricerca (CCR), un istituto per la ricerca sui materiali, sui cicli dei combustibili, sullo smaltimento delle scorie e sulle trasformazioni energetiche in vari tipi di reattori nucleari. Nel 1974 inizia la collaborazione con l'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) di Laxenburg in Austria, inizialmente occupandosi di sistemi energetici e poi estendendo il suo campo di ricerca ad altri settori, come i trasporti, i sistemi sociali ed economici, oltre ai meccanismi della memoria a lungo termine. Nel 1979 gli viene conferita la laurea *honoris causa* in scienze dal Politecnico di Strathclyde, in Scozia. Ha pubblicato circa 150 articoli scientifici sui sistemi di analisi per l'energia, la società e l'economia. Molti dei suoi lavori sono scaricabili dal sito: www.cesaremarchetti.org.

a cura di Simonetta Suzzi

