

## LA QUESTIONE EVOLUZIONISTA (aspetti scientifici)

Carlo Cirotto

### La biodiversità

Credevo sia capitato a tutti, almeno una volta nella vita, di essere rimasti estasiati di fronte allo spettacolo della vita che prorompe in un campo assolato in primavera o in un bosco al tramonto o lungo le rive di un fiume. E' una sensazione analoga a quella che si prova ascoltando un'orchestra che suona della buona musica. Nell'uno e nell'altro caso, tanti elementi diversi confluiscono in un unicum armonioso che muove il nostro io più profondo. E' come se animali, piante, luce, rocce, acqua costituissero anch'essi un'unità armonica pur conservando, ogni singolo componente, la propria individualità.

E' la realtà che, con una parola forse poco poetica ma assai pregnante, viene chiamata "biodiversità" dagli studiosi della natura. Stime attendibili dicono che le specie di animali e vegetali macroscopici che popolano attualmente il pianeta sono circa 13 milioni mentre sono più di 100 milioni quelle che lo hanno popolato in passato e sono ormai estinte. Di fronte a tali numeri, non è difficile comprendere lo sforzo titanico che ha richiesto a intere generazioni di naturalisti la descrizione di tutte queste specie e non è difficile cogliere la grandezza del genio di colui che propose un criterio per dare ordine a questa enorme congerie di dati. E' a *Carlo Linneo* (1707-1778) che si deve l'ideazione di quel sistema di classificazione di piante ed animali che ancor oggi viene utilizzato con profitto da naturalisti e biologi. A fare da elemento portante, unità fondamentale del suo sistema, Linneo pose la *specie*: un'entità reale e fissa, non suscettibile di modificazioni. E' famoso il suo enunciato: *Tot numeramus species quot ab initio creavit Infinitum Ens*. Il latino semplice e la facile orecchiabilità hanno fatto sì che la frase fosse mandata a memoria e ripetuta senza difficoltà da intere generazioni di studenti, che, ribadendola, mostravano di cogliere il cuore stesso della convinzione linneana: la fondamentale fissità delle specie viventi e, quindi, dell'intera biosfera. E' fuori di dubbio che il significato primo e più evidente del detto di Linneo fosse proprio questo. Ma non è l'unico. Ve n'è un altro, più profondo, che può essere letto in filigrana e che, forse per questo, tende a rimanere nell'ombra. La frase esprime anche il tentativo di superare l'aspetto puramente descrittivo della questione per affrontare il problema della sua spiegazione. E' come se la scoperta del nuovo ordine sistematico stimolasse la mente di Linneo ad abbozzare una risposta alla domanda che i naturalisti per secoli si erano inutilmente posta: "Perché questa sconfinata varietà di piante e di animali che sembrano pensate ognuno per il proprio ambiente?".

Nel suo mondo di specie immutate ed immutabili, Linneo proponeva una spiegazione: la volontà divina. Le specie che osserviamo sono tanto numerose e diverse perché così le ha volute il Creatore.

### Il finalismo, problema scivoloso

Non sfuggirà, di certo, la natura metodologicamente ibrida del ragionamento linneano: viene proposta una risposta di ordine teologico ad una domanda di natura scientifica. Sotto il profilo epistemologico, Linneo non avrebbe potuto fare un'operazione più azzardata. E' bene però che, prima di emettere verdetti poco bene-

voli, entriamo, almeno un po', nell'atmosfera culturale respirata dal nostro naturalista. Ai suoi tempi la scienza galileiana, nata da poco, non era ovviamente in grado di tentare una spiegazione della varietà delle specie viventi; la filosofia forniva risposte diversificate e, tutto sommato, vaghe; l'unico sapere in grado di offrire una risposta elaborata e sufficientemente convincente era la teologia. Infatti, rifacendosi alla descrizione genesiaca dell'opera creatrice divina, la teologia era in grado di dar ragione della varietà delle specie. E riusciva anche a fare qualcosa di più: offrire una plausibile giustificazione del *finalismo* che prorompe inequivocabile in ogni specie e in ogni suo singolo componente. Ciò che dei viventi maggiormente colpisce infatti, ieri come oggi, è la loro struttura complessa mirabilmente orientata all'auto-conservazione e il loro straordinario adattamento all'ambiente di vita. Un'organizzazione così perfetta non era spiegabile se non con l'intervento intelligente di un Creatore!

Alla teologia quindi Linneo si rivolse. Certo, oggi non siamo più disposti a condividere questo suo atteggiamento concordista; possiamo tuttavia apprezzarlo in quanto espressione del suo desiderio di sapere.

### **Un mondo in evoluzione. Il Darwinismo**

Si dovranno attendere *Jean-Baptiste de Lamarck* (1744-1829) e *Charles Darwin* (1809-1882) per assistere ai primi veri tentativi di fornire una risposta scientifica al problema della molteplicità delle specie e a quello dei loro tratti teleologici. Ambedue gli scienziati accantonarono l'assunto linneano della fissità delle specie sostituendolo con l'ipotesi, diametralmente opposta, della loro variabilità. Mentre, però, la teoria di Lamarck, basata sulla ereditarietà dei caratteri acquisiti, non fu accolta con favore dai suoi contemporanei (neanche dai connazionali francesi!), quella di Darwin sembrò colpire nel segno e fece subito parlare di sé sia gli esperti di scienza che i profani. Basandosi sulla sua esperienza di naturalista, incredibilmente vasta, egli ipotizzò che tutte le specie, subendo minuscoli, innumerevoli e continui cambiamenti spontanei e casuali, andassero incontro, con il passare del tempo, alle più profonde diversificazioni: quelle che vediamo differenziare le specie esistenti.

Quest'ipotesi era, sì, capace di giustificare l'enorme varietà delle specie, ma non era sufficiente a render ragione del loro perfetto inserimento nei rispettivi ambiti naturali e del finalismo evidente nelle loro strutture e nei loro comportamenti. Per risolvere questo spinoso problema, Darwin aggiunse all'ipotesi della *variabilità* spontanea quella della *selezione naturale*. Come nell'allevamento del bestiame, disse, è l'allevatore a comportarsi da agente selezionatore favorendo, fra i tanti individui nati, la riproduzione di quelli che sono in possesso delle caratteristiche più vantaggiose, così nel mondo vivente è la selezione naturale a favorire le specie che si dimostrano più efficienti nella lotta per la sopravvivenza: le meno forti e le meno fornite soccombono a vantaggio di quelle più dotate, che hanno così maggiori possibilità di riprodursi (*sopravvivenza differenziale*).

### **Mendel e la nascita della genetica**

Alla teoria di Darwin mancava però qualcosa. Le mancava di sapere quale fosse la sorgente della variabilità sulla quale potesse poi operare, a posteriori, la selezione naturale. Per questo si dovette attendere la comparsa sulla scena della *genetica*, la scienza dell'ereditarietà biologica, che vide la luce solo una quarantina di anni dopo.

Proprio negli anni in cui Darwin dava alle stampe la sua opera fondamentale: *L'origine delle specie*, uno sconosciuto monaco agostiniano Gregor Johann Mendel

(1822-1884) faceva esperimenti di incrocio di piselli nella quiete del suo monastero in Moravia. I risultati furono pubblicati nelle *Memorie della Società Naturalistica di Brno* e portarono alla formulazione delle ben note leggi di Mendel che descrivono le modalità di rimescolamento dei caratteri genetici parentali a seguito della riproduzione sessuale.

Questo fu l'atto di nascita della genetica e fornì al darwinismo una prima risposta alla questione dell'origine della variabilità dei viventi: la riproduzione. Le successive scoperte della genetica permisero di identificare un'altra fonte (ancor più casuale) della variabilità: le *mutazioni geniche* che derivano da errori di replicazione del DNA, interi geni che subiscono un qualche cambiamento, cromosomi che si combinano in maniera insolita ecc.

### **Il Neodarwinismo**

L'innesto del mendelismo sul tronco della spiegazione darwiniana ha portato, tra gli anni venti e gli anni cinquanta del Novecento, alla formulazione della cosiddetta *Teoria Sintetica* o *Neodarwinismo* che attribuisce l'evoluzione a due fattori agenti in maniera indipendente: la *variabilità* - dovuta all'assortimento dei caratteri legato alla riproduzione sessuale e alle mutazioni geniche - e la *selezione naturale*. La mutazione è la fonte dalla quale hanno origine continuamente, in gran numero e in modo *casuale* le variazioni dei viventi. A dar forma a questa variabilità, di per sé anarchica, è poi la selezione naturale: i fattori ambientali favoriscono gli individui che meglio si adattano ad essi (*fitness*). Non sono i geni a guidare l'evoluzione; è l'ambiente che lo fa. E' comunque vero, però, che i geni forniscono la materia prima grazie alla quale la vita si evolve.

Non prevedendo relazione alcuna tra la comparsa delle forme mutate e la successiva selezione naturale, questo meccanismo appare simile ad un procedere a tentoni in stile assolutamente casuale.

Questa è, all'osso, la teoria evolutiva che oggi raccoglie i più ampi consensi.

### **L'indipendenza della biologia dalla teologia**

Proviamo ora a confrontare la spiegazione 'teologica' suggerita da Linneo con quella proposta dal neo-darwinismo. E' fuor di dubbio che quest'ultima possa, almeno entro certi limiti, essere verificata sperimentalmente. Deve pertanto essere considerata a buon diritto una spiegazione scientifica. Eccoci allora di fronte ad una risposta di natura scientifica data ad una domanda di natura scientifica e questo è, almeno sotto il profilo metodologico, un formidabile passo in avanti. Ne esce avvantaggiata la scienza biologica che amplia significativamente il dominio della propria autonomia e della propria conoscenza e ne esce purificata la teologia che non è più chiamata in causa su questioni che travalicano le sue competenze.

Dicendo ciò, non intendo ovviamente affermare che si debba automaticamente sposare in maniera incondizionata e definitiva la teoria sintetica. Come tutte le teorie scientifiche, anch'essa deve essere continuamente sottoposta al vaglio della verifica sperimentale ed è su quest'unica base che può essere accettata come tale, oppure modificata, oppure respinta.

### **Evoluzione e teorie evolucionistiche**

Nel dibattito sull'evoluzione, una notevole fonte di confusione è rappresentata da un errore compiuto di frequente non solo dai profani ma anche da divulgatori esperti e persino da scienziati: identificare l'evoluzione con il neo-darwinismo. E' invece di fondamentale importanza, pena disastrose confusioni, tenere distinta l'evoluzione, che è un dato di fatto, dalle teorie evoluzionistiche che mirano a spiegarne il come e il perché.

I dati paleontologici, cioè i resti fossili sui quali soprattutto (ma non esclusivamente!) si basano gli studi delle forme viventi del passato presentano il beneficio, di non poco conto, di trovarsi già organizzati secondo un preciso ordine: quello cronologico. Ciò è dovuto al fatto che i fossili sono inglobati in sedimenti la cui disposizione spaziale rispecchia fedelmente quella temporale: i sedimenti più profondi sono anche i più antichi mentre quelli via via più superficiali sono progressivamente più recenti. La cronologia che dà ordine al panorama dei resti fossili, non è quindi un'interpretazione dei paleontologi, una loro ricostruzione, ma è essa stessa compresa in quell'unico complesso ordinato di dati sperimentali che reclama una spiegazione scientifica. All'interno poi di quest'ordine cronologico e quasi da esso supportate, altre evidenze si impongono alla nostra attenzione. La prima è che tutti i viventi discendono da uno o più progenitori comuni particolarmente semplici (*i batteri*); la seconda è che nel corso di tale discendenza ha luogo la diversificazione dei viventi; la terza è che la diversificazione è accompagnata dall'aumento di complessità e di organizzazione. A questo complesso ordinato di dati sperimentali si dà il nome di *evoluzione*. E' quest'evoluzione, nella quale, ripeto, confluiscono sia i singoli dati sperimentali (i singoli reperti fossili, ad esempio) sia le regolarità che li legano insieme, a dover essere spiegata facendo ricorso ad opportune teorie.

Non a caso è opportuno parlare di 'teorie' e non di 'teoria'. Sembra infatti assai improbabile che un'unica teoria – nel nostro caso il neo-darwinismo - riesca a spiegare esaurientemente un numero sconfinato di dati eterogenei e poliedrici. Sembrerebbe più saggio, invece, guardare con favore al sorgere di più teorie, nella quasi certezza di migliorare così la comprensione dell'evoluzione. Elaborate in questi ultimi decenni, ne sono in effetti già disponibili diverse. Destano interesse, ad esempio, *l'evoluzione punteggiata*, il *neo-lamarckismo*, il *costruttivismo* che riescono a gettare luce su aspetti del processo evolutivo lasciati in ombra dal neo-darwinismo. La teoria dell'evoluzione punteggiata, ad esempio, si mostra capace di affrontare, più adeguatamente del neo-darwinismo, il problema della cosiddetta *macroevoluzione*, della comparsa, cioè di organi totalmente nuovi e, a fortiori, di specie nuove. La macroevoluzione si distingue in ciò dalla *microevoluzione* che significa adattamento sempre più avanzato di strutture già esistenti. Il neodarwinismo appare adatto a spiegare la microevoluzione ma ha delle difficoltà a spiegare la macro a meno di non ricorrere a categorie nuove, ignote alla teoria originaria.

E' la complementarità di teorie diverse che può risultare quanto mai utile per giungere in tempi ravvicinati alla meta costituita dalla comprensione dei meccanismi evolutivi. Tutte comunque, prima di essere accettate come probabili spiegazioni, devono superare il vaglio della verifica sperimentale, così come avviene per tutte le teorie che ambiscono ad essere considerate scientifiche. E tutte le teorie che ho appena elencato presentano a loro favore risultati sperimentali vuoi nel campo della paleontologia, vuoi in quello della morfologia comparata, vuoi in quello della biologia molecolare.

## I dati paleontologici

Per ovvi motivi di contenimento spazio-temporale non posso prendere in esame i dati della biologia molecolare, né quelli dell'anatomia comparata. Mi limiterò invece a considerarne alcuni della paleontologia che aiutino ad inquadrare meglio la problematica.

Lo studio dei fossili racchiusi nelle conformazioni rocciose delle epoche passate ci mette di fronte a due realtà che sono sconcertanti nella loro evidente grandiosità. La prima è che il divenire della vita segue la direzione dal più semplice al più complesso. I più antichi esseri viventi che popolarono la terra furono cellule "semplici", i *batteri*. Solo molto più tardi fecero la loro comparsa dapprima le cellule più complesse (gli *eucarioti*) e poi tutte le altre forme pluricellulari, tra cui la nostra specie, secondo questa scala temporale:

Formazione della Terra	4,5	miliardi di anni fa
Primi fossili di batteri	3,8	"
Cellule nucleate	1,5	"
Riproduzione sessuata	1	miliardo di anni fa
Invertebrati acquatici, alghe verdi	750	milioni di anni fa
Vertebrati	500	"
Anfibi e insetti	370	"
Dinosauri e grandi conifere	270	"
Mammiferi	165	"
Fine dei dinosauri	65	"
Genere Homo	3	"
Utensili litici	2,5	"
Homo sapiens arcaico	200	mila anni
Uomo moderno	40	"
Rivoluzione neolitica	10	"
Nascita di Cristo	2	"

La seconda realtà che sconcerta è l'inimmaginabile lunghezza dei tempi richiesti perché da una terra inizialmente deserta e squallida si giungesse all'accogliente biosfera attuale. E affinché queste scansioni temporali, che utilizzano unità di misura tanto distanti da quelle della nostra esperienza, acquistino un significato più pregnante, può essere utile ricorrere ad un semplice trucco di contrazione temporale. Se immaginiamo che la Terra si sia formata 24 ore fa, allora 20,2 ore ci separano dalla comparsa dei primi batteri, 2,5 ore da quella dei primi vertebrati, 20,8 minuti dall'estinzione dei dinosauri, 48 secondi dalla fabbricazione dei primi utensili litici e appena 38 millesimi di secondo dalla nascita di Cristo.

Nei sedimenti scandagliati dai paleontologi alla ricerca di antiche testimonianze fossili si leggono la nascita, la fioritura e la morte di un numero straordinariamente elevato di specie che si sono avvicendate nel fiume della vita. L'albero maestoso, che per lunga

tradizione ha rappresentato l'evoluzione, si sta trasformando in una sorta di cespuglio che si infittisce sempre di più con il progredire delle ricerche. Il cespuglio che la paleontologia ci propone, ha comunque una particolarità: non presenta punti di inserimento precisi dei singoli rami sugli altri. Ciò è dovuto all'estrema improbabilità di trovare i resti fossili di quei pochi individui che per primi hanno imboccato quel particolare percorso di speciazione. Per avere queste risposte è necessario rivolgersi ad altre discipline, come la biologia molecolare e la genetica di popolazioni.

### **L'ominazione**

Questa brevissima panoramica della storia della vita sulla Terra non sarebbe completa se non prendessimo in considerazione anche la nostra specie. Non per conferirle la posizione privilegiata di vertice dell'evoluzione biologica ma per completare il quadro con una storia che ci interessa da vicino. Ogni animale, infatti, si trova al vertice di una scala da dal più semplice verso il più complesso e ciascuno rappresenta un adattamento che è maggiore di tutti i precedenti.

I nostri antenati diretti non furono, evidentemente, i cavalli né gli uccelli né le lucertole, ma non furono neanche gli altri primati nostri contemporanei. Le attuali scimmie antropomorfe - gorilla, scimpanzè, bonobo, orango - sono solo nostri cugini più o meno lontani. Circa 20 milioni di anni fa un antropoide arboricolo (un antenato del *Kenyapithecus*?) migrò dall'Africa verso l'Asia forse spinto da uno dei ricorrenti periodi di siccità. In Asia i discendenti di questi primati diedero origine agli antenati dei gibboni e dell'orango. In seguito, poi, una decina di milioni di anni fa, si ebbe dall'Asia all'Africa una nuova migrazione di ritorno. I migratori si stabilirono sia nelle foreste, dando origine agli attuali antropoidi (gorilla, scimpanzé, orango), sia nelle savane, dando origine ad *Australopithecus*. *Australopithecus* aveva un mosaico di caratteri che in parte possono essere considerati prettamente umani (stazione eretta, tipo di piede, dentizione...) e in parte sono simili a quelli di uno scimpanzé (forma del cranio, volume della scatola cranica, statura ...). Varie specie di *Australopithecus* (*Australopithecus afarensis*, *A. aethiopicus*, *A. boisei*, *A. africanus*, *A. anamensis* ...) sono ben documentate da fossili africani. In alcuni depositi con resti di Australopiteci sono state rinvenute schegge di pietra ritoccate che risalirebbero a 3-2,5 milioni di anni fa e, secondo alcuni studiosi, potrebbero essere opera degli Australopiteci stessi. E' possibile che l'Australopiteco usasse ciottoli, pietre, ossa a scopo di difesa o per procurarsi il cibo. Forse poteva anche praticare una rudimentale scheggiatura della selce. Ma la lavorazione sistematica della pietra non appartiene a questa fase dell'ominizzazione. Va attribuita piuttosto ad una nuova specie di ominide, probabile discendenza di *A. anamensis*, comparso nell'Africa centro-orientale intorno a 2 milioni di anni fa: *Homo habilis*. Il suo cervello era decisamente più grande di quello degli Australopiteci, presentava aree encefaliche del linguaggio abbastanza ben sviluppate ed era tanto organizzato da rendere capace *H. habilis* di industrie litiche, strutture di insediamento ecc. *H. habilis* fu il creatore della più antica delle culture umane.

### **Da habilis a sapiens**

Non è facile seguire le prime fasi dell'umanità nella sua evoluzione e nei suoi spostamenti. Alcune caratteristiche di *H. habilis* si sono modificate nel tempo con una evoluzione graduale che ha portato a forme umane diverse, anche se non ancora come quelle che osserviamo oggi.

Questo stadio dell'umanità viene definito *Homo erectus* (l'attributo specifico non ha alcun riferimento alla stazione eretta). Ha un'accresciuta capacità cranica (da 800 a 1250 cc) e la sua statura è media (da 160 a 170 cm). Deve essersi portato fuori dall'Africa in epoca molto antica (da 1,6 a 1,8 milioni di anni fa) e raggiunse le più lontane regioni dell'Est e del Sudest asiatico (Cina e Giava). Industrie litiche affinate, un'organizzazione so-

ziale più complessa, la domesticazione del fuoco, la protezione del corpo con pelli di animali sono alcune espressioni della cultura di *H. erectus*.

Nelle sue incredibili migrazioni, *H. erectus* raggiunse anche l'Italia: risale a 800 mila anni fa la calotta cranica rinvenuta a Ceprano nel Lazio.

In Europa, nel periodo fra 100 mila e 40 mila anni fa, il corso evolutivo fa emergere un tipo umano particolare, il Neandertaliano, che per alcune caratteristiche richiama *H. erectus*, ma si presenta più evoluto soprattutto nell'aumentata massa encefalica e nelle manifestazioni culturali. Il Neandertaliano, però, non ha contribuito alla formazione dell'uomo moderno. Le forme umane di quel periodo (*H. erectus* e *H. neanderthalensis*) si estinsero intorno a 40 mila anni fa. Il loro posto fu preso da una nuova specie, *H. sapiens*, anch'essa proveniente dalla fucina africana dove aveva avuto origine tra i 150 e i 100 mila anni fa. Si tratta della forma moderna di *H. sapiens* che intorno a 30 mila anni fa era largamente affermata ovunque. Iniziava così, con questi uomini, la cultura del Paleolitico superiore, caratterizzata da una raffinata industria litica, da un largo uso dell'osso come strumento e dalle splendide espressioni di arte pittorica e scultorea.

Con *H. sapiens* l'evoluzione culturale (che non segue leggi darwiniane ma lamarckiane) sopravanza quella biologica ed è giusto che il biologo si faccia da parte nel ricordo di una considerazione che Darwin pose a conclusione de *L'origine delle specie*:

"Vi è qualcosa di grandioso in questa concezione della vita [...] e nel fatto che, mentre il nostro pianeta ha continuato a ruotare secondo l'immutabile legge della gravità, da un così semplice inizio innumerevoli forme, bellissime e meravigliose, si sono evolute e continuano ad evolversi".

Diano Marina 9 gennaio 2008