

L'evoluzione biologica: lo stato attuale delle nostre conoscenze

Documento elaborato da un gruppo di biologi dell'Accademia dei Lincei

A metà del 19° secolo Charles Darwin formulò una teoria dell'evoluzione biologica che ha ricevuto il consenso praticamente unanime della scienza moderna ed è oggi sostenuta da una quantità gigantesca di osservazioni scientifiche, di reperti fossili, di risultati sperimentali e di considerazioni teoriche. In un momento in cui affiorano critiche infondate al darwinismo e al suo insegnamento, un gruppo di biologi dell'Accademia dei Lincei, anche con il concorso di altri studiosi, hanno preparato un documento che illustra i fondamenti teorici dell'evoluzionismo e le conoscenze accumulate dalla ricerca scientifica sui processi evolutivi degli organismi viventi. Le pagine che seguono vogliono fornire una sintesi del documento.

Nella concezione darwiniana, tutto in natura, inclusa l'origine dei viventi, è il risultato di processi naturali governati da leggi naturali. L'assioma fondamentale del darwinismo è che tutti gli organismi viventi generano più individui di quanti ne possano sopravvivere e che la probabilità di sopravvivenza è maggiore in quegli individui che presentano caratteristiche vantaggiose. Se queste caratteristiche sono ereditarie, esse si diffonderanno nella popolazione, mentre tenderanno a scomparire le caratteristiche meno vantaggiose o sfavorevoli. La conservazione di caratteristiche vantaggiose e l'eliminazione di quelle sfavorevoli viene indicata come selezione naturale.

L'evoluzione biologica ha avuto inizio dopo che sulla terra, circa 4,5 miliardi di anni fa, sono state raggiunte temperature compatibili con una fase prebiotica di formazione di composti dotati di speciali caratteristiche, essenziali per la vita e per la sua conservazione. La vita vera e propria si può considerare comparsa allorché si sono diffusi i fenomeni di fotosintesi e di respirazione al livello delle membrane prima cellulari, e poi degli organuli intracellulari. Una tappa importante è stata la comparsa dei cianobatteri (detti anche alghe azzurre), capaci di fotosintesi, che ancora oggi popolano le acque. Con l'emergenza della fotosintesi ossigenica, l'ossigeno ha cominciato ad invadere l'atmosfera per assestarsi ai livelli attuali, che rappresentano l'equilibrio tra la fotosintesi e la respirazione.

La teoria darwiniana ottenne subito larghi consensi nel mondo scientifico perché suffragata dalle acquisizioni dell'anatomia comparata, dell'embriologia e della paleontologia. Dopo Darwin, la moderna biochimica e la biologia molecolare hanno fornito nuove prove dell'evoluzione, rivelando in particolare l'universalità del codice genetico e le affinità strutturali tra le proteine di gruppi diversi e contribuendo così a mettere in luce le relazioni evolutive fra i grandi gruppi zoologici. Un significativo contributo è stato fornito, a partire dalla fine degli anni '80, dalla genomica, la disciplina che studia la sequenza del DNA del genoma nei diversi organismi. Negli ultimi vent'anni, i suoi rapidi e profondi progressi hanno rivoluzionato la comprensione dei meccanismi molecolari dei processi biologici (inclusi quelli delle malattie) e, in particolare, di quelli che operano, a livello molecolare, nel produrre la variabilità fenotipica, ossia la diversità delle forme dei viventi. Inoltre la genomica, insieme ad una nuova disciplina - la biologia evoluzionistica dello sviluppo - ha portato alla scoperta che gran parte dei geni che presiedono alla "costruzione" degli organismi animali nel corso dello sviluppo embrionale, sono condivisi da specie evolutivamente molto lontane tra loro. Così, la vita

animale sul pianeta Terra impiega in differenti modi una collezione simile di geni per produrre organismi molto diversi, grazie alla modulazione dell'espressione degli stessi geni: quando e dove (anatomicamente) un gene si attiva nel corso dello sviluppo di un organismo è rilevante per determinare la diversità dei vari gruppi sistematici. Risulta, ad esempio, che i complessi di geni che regolano, nei pesci, lo sviluppo e il differenziamento delle porzioni basali della pinna sono gli stessi che in anfibi e in mammiferi regolano lo sviluppo dell'intero arto, con la sola esclusione delle dita. Perfino nella formazione del cervello della mosca, del topo e dell'uomo sono coinvolti gli stessi geni, nonostante le profonde differenze tra questi animali. Il fatto che gli stessi geni, con un ruolo chiave nel generare la forma biologica, operino in animali così diversi come gli insetti e i mammiferi, rappresenta una delle dimostrazioni più significative della comune origine degli animali. D'altra parte, lo studio delle strutture di proteine affini ma presenti in organismi evolutivamente molto lontani, ha consentito di concludere che esse derivano, per mutazione dei geni che ne controllano la sintesi, da un comune progenitore. Questo tipo di studi ha permesso di valutare la velocità media con la quale evolve un particolare gene.

Il graduale processo di speciazione per cui singole popolazioni raggiungono lo "status" di specie distinte, già illustrato da Darwin, è stato oggetto di studi che hanno chiarito che esso è favorito dall'isolamento geografico, e quindi anche riproduttivo, delle popolazioni (speciazione allopatica). La speciazione può tuttavia avvenire anche senza separazione geografica, purché in ambienti di struttura sufficientemente diversificata (speciazione simpatica). Gli sviluppi della sistematica molecolare, basata sul confronto di sequenze di macromolecole, consentono oggi di datare con una ragionevole precisione gli eventi dei processi di speciazione.

Il comportamento è una delle principali caratteristiche del fenotipo degli organismi viventi e, come tale, è soggetto al vaglio della selezione naturale. Nuove discipline, quali l'ecologia comportamentale e la sociobiologia indagano il ruolo dei fattori ambientali nel modellare l'evoluzione di determinati comportamenti e le loro possibili interazioni con altri individui della stessa specie. Particolare attenzione è stata posta al ruolo e all'evoluzione dei comportamenti altruistici manifestati con il sacrificio in difesa della società o con la rinuncia alla riproduzione finalizzata all'aumento del successo riproduttivo di altri individui del gruppo. Questi comportamenti, apparentemente in contrasto con la teoria dell'evoluzione per selezione naturale, hanno trovato una spiegazione nell'aumento complessivo del successo riproduttivo dei gruppi o colonie cui appartengono gli altruisti. Questo fenomeno di "selezione di parentela", noto da tempo per gli insetti sociali, è stato dimostrato anche in uccelli e mammiferi sociali. Per quanto riguarda le specie più evolute dal punto di vista della complessità del sistema nervoso e del comportamento, un ruolo importante per l'origine e il mantenimento di rapporti sociali è stata senza dubbio giocata dall'altruismo reciproco.

Per quanto riguarda l'origine dell'uomo e degli altri primati, oggi sappiamo che in Africa si sono diversificati gli antenati delle attuali scimmie antropomorfe: le due specie di scimpanzè, il gorilla e l'orango, che attualmente vive in Asia. Sulla base della condivisione del 98% del patrimonio genetico è stato possibile stimare fra gli 8 e i 5 milioni di anni fa, ovvero nel tardo Miocene, i tempi della divergenza tra il ramo che ha condotto alla comparsa degli scimpanzé e quello degli antenati dell'uomo. Una serie di forme che

ha portato alla comparsa di individui simili all'uomo attuale, che già producevano strumenti litici, è ormai ben documentata. La maggior parte degli studiosi ritiene che il percorso evolutivo che ha portato alla comparsa della nostra specie si sia sviluppato di nuovo a partire dall'Africa. L'*Homo sapiens* si sarebbe originato intorno a 200 mila anni fa, probabilmente in Africa orientale e avrebbe iniziato un processo relativamente rapido di diffusione geografica, con espansione in Africa, in Eurasia, in Australia e infine, attraverso terre emerse in corrispondenza dell'attuale stretto di Bering, nel continente americano.

Dopo un lungo periodo in cui gli studi sull'evoluzione della specie umana si sono concentrati sulla morfologia dei fossili e sui manufatti che li accompagnavano, l'interesse si è rivolto anche al comportamento e alle sue basi neurofisiologiche. I sociobiologi ritengono che, in quanto l'uomo è un primate sociale sottoposto per gran parte della sua storia evolutiva agli stessi meccanismi che hanno plasmato la struttura sociale degli altri animali, il suo comportamento debba essere a pieno titolo oggetto di studio della sociobiologia, anche se le società umane sono soprattutto frutto dell'evoluzione culturale. Gli studi sono poi giunti ad occuparsi delle trasformazioni del più importante sistema evolutivo apparso sulla terra: quello della mente umana. Alla ricerca sull'evoluzione dei caratteri morfologici e biochimici della nostra specie si è affiancato lo studio dell'evoluzione culturale intesa come differenziamento e diffusione del linguaggio e delle innovazioni tecnologiche, trasmissione del sapere, diversificazione delle strutture sociali, origine della morale e dell'arte. Ciò ha portato a riconoscere nel sistema mente-cervello la più straordinaria innovazione del mondo naturale, un sistema capace di interagire e di comunicare con i conspecifici per risolvere problemi prima puramente materiali e poi anche culturali, morali ed estetici.