

Le infinite strade dell'evoluzione

Francesca Buoninconti

Che l'evoluzione segua logiche funzionali a precise finalità e obiettivi secondo una ideale linea di progresso, è ancora oggi uno dei malintesi più diffusi nell'immaginario comune. Essa procede invece per tentativi ed "errori", si può ripetere ciclicamente o può "riavvolgersi". Al di là delle inesattezze che ancora circolano su questa teoria, dopo un secolo e mezzo lo studio dell'evoluzione della vita sulla Terra è tutt'altro che concluso. Anzi, è un campo di ricerca fertile, che non smette di rivelare sorprese

Quindici scellini. Tanto costava il libro che avrebbe rivoluzionato per sempre la storia scientifica e non solo. Era il 24 novembre 1859 e le 1.250 copie de *L'origine delle specie* dell'allora cinquantenne Charles Darwin avevano invaso le librerie londinesi. Per la prima volta nella storia, la comunità scientifica lesse nero su bianco la teoria dell'evoluzione. La teoria che avrebbe soppiantato per sempre il concetto dell'immutabilità delle specie generate da un Creatore. All'epoca non si conoscevano ancora le basi dell'ereditarietà, i geni o il DNA. Ma Darwin riuscì lo stesso a intuire che, generazione dopo generazione, i "caratteri ereditabili" si modificano. E che l'accumulo di questi cambiamenti – sfoliti dalla selezione naturale, dalla selezione sessuale e dalla deriva genetica – poteva portare alla nascita di una nuova specie. In poco più di un secolo, la scienza trovò ulteriori conferme, quei tasselli mancanti che avrebbero rivelato quanto Darwin ci aveva visto lungo. Dapprima iniziarono a spuntare fossili di specie che nessuno aveva mai visto in vita, poi furono rispolverate le leggi di Mendel sull'ereditarietà dei caratteri e infine venne scoperto il DNA e fu sequenziato un gene per la prima volta, dando finalmente un'identità ai caratteri ereditabili. Nel corso del tempo la teoria dell'evoluzione, però, è stata spesso distorta. E non sono pochi gli errori, anche grossolani, che sono ormai impressi nella memoria della cultura popolare. Uno su tutti è l'immagine nota come "marcia del progresso". Apparsa per la prima volta nel 1965 in un libro dell'antropologo Francis Clark Howell, illustrato dal disegnatore Rudolph Zallinger, la "marcia del progresso" rappresentava una serie di ominidi in fila, da sinistra verso destra, man-

mano sempre più eretti e meno coperti di peli. Fino ad arrivare a *Homo sapiens*. Da quel momento quest'immagine è diventata un'icona pop, declinata in centinaia di modi in ogni parte del mondo. Ma il suo successo è pari almeno alla sua inesattezza. Primo perché rappresenta l'evoluzione come finalistica. Accosta il concetto di evoluzione al significato di progresso, quando invece non c'è intenzionalità nell'evoluzione. Né tantomeno le nuove specie sono migliori di quelle passate. Sono semplicemente adatte all'ambiente in cui vivono, nel tempo in cui vivono. Il secondo motivo per cui la "marcia del progresso" è completamente sbagliata è perché rappresenta l'evoluzione come un processo lineare.

L'evoluzione non va da nessuna parte, intenzionalmente. Né procede in linea retta. Siamo noi che ne abbiamo questa percezione, quando la accostiamo al concetto di tempo. L'evoluzione, invece, procede per tentativi ed "errori": le famose mutazioni genetiche. E, come vedremo, si può ripetere ciclicamente o può "riavvolgersi". Ma sicuramente non è una linea retta che va da un punto, vecchio e obsoleto, a un altro punto, nuovo e migliore. Potrebbe assomigliare piuttosto a un albero, a un cespuglio, alla cui base c'è il progenitore comune di tutti gli esseri viventi. E nella cui chioma ci sono tantissimi rami intricati, intrecciati l'uno con l'altro. Alcuni morti (specie fossili) e altri vitali da cui potrebbero nascere nuovi ramoscelli. Ovvero le specie che oggi conosciamo. A potare questo intricato cespuglio intervengono la selezione naturale e quella sessuale.

In ogni caso, per quante inesattezze circolino ancora su questa teoria, dopo un secolo e mezzo lo studio dell'evoluzione



della vita sulla Terra è tutt'altro che concluso. E anzi, è un campo di ricerca fertile, che non smette di rivelare sorprese. Nella maggior parte dei casi, ad attirare l'attenzione di biologi ed evoluzionisti, è stata la speciazione. Ovvero il



L'evoluzione potrebbe assomigliare a un albero, a un cespuglio alla cui base c'è il progenitore comune di tutti gli esseri viventi

meccanismo che permette la nascita di nuove specie. Un fenomeno che può avvenire, per esempio, quando i membri di una popolazione – a causa di mutazioni genetiche o isolamento geografico – non possono più accoppiarsi tra loro. È quello che è successo, per esempio, per le 14 specie di uccelli noti come fringuelli di Darwin, derivate da un unico progenitore. Questi uccelli, nonostante ne portino il nome, non attirarono da subito le attenzioni del celebre scienziato inglese. Darwin, infatti, inizialmente sbagliò a catalogare questi fringuelli delle isole Galapagos, appartenenti alla famiglia *Geospizinae*, e non si appuntò neanche l'isola di provenienza. Fu l'ornitologo John Gould, qualche anno dopo, a fargli notare che erano un esempio da manuale di speciazione per radiazione adattativa a partire da un antenato comune. I fringuelli di Darwin sono, infatti, 14 specie di passeriformi tutte endemiche delle Galapagos, tranne una, endemica del Costa Rica (*Pinaroloxias inornata*). La caratteristica principale che li distingue è la morfologia del becco. Un tratto legato a doppio filo all'utilizzo delle risorse alimentari. È stata proprio tale caratteristica a guidare la speciazione di questo gruppo, che nel corso della sua storia biologica ha occupato le varie isole dell'arcipelago equadoregno. E soprattutto ha colonizzato tutte le nicchie ecologiche disponibili, differenziandosi in decine di forme. Ha subito quindi quella che i biologi chiamano radiazione adattativa. I fringuelli di Darwin, infatti, hanno occupato ambienti terricoli e arboricoli, si sono diversificati per la forma del becco, per il tipo di alimentazione e pure per il canto. Fino a quando non è intervenuto l'isolamento riproduttivo e sono diventate almeno 14 specie separate. Almeno, perché secondo le analisi genetiche potrebbero essere 17.

Negli ultimi anni, infatti, negli studi sulla speciazione è

entrata anche la genetica. E non è raro che le analisi sempre più dettagliate confermino, disdicano o mischino le carte in tavola. Per esempio sono state spesso “splittate” (divise) in due specie – o più sottospecie – quelle che all’occhio umano sembravano una sola. Ed è successo innumerevoli volte. Ma un recente studio sul corvo imperiale (*Corvus corax*), pubblicato a marzo su *Nature Communication* da un team di scienziati dell’Università del Maryland e dell’Università di Oslo, ha dimostrato ancora una volta quanto poco sappiamo dei meccanismi evolutivi. E ha scardinato ancor di più quell’idea di “evoluzione = progresso”. Perché l’evoluzione non è detto che vada “avanti”, ma può anche tornare sui suoi passi. Può “riavvolgersi” come il nastro di una vecchia cassetta musicale in un *rewind*. Accade quando due specie che si erano separate si riuniscono di nuovo a formarne una sola, ibridandosi tra loro. Un fenomeno chiamato speciazione inversa, che potrebbe essere molto più frequente di quanto pensato: potrebbe essere avvenuta centinaia o anche migliaia di volte nella storia evolutiva delle specie di tutto il Pianeta. Il corso degli eventi che ha portato a questa scoperta comincia vent’anni fa. Nel 1999 Kevin Omland, autore dello studio, iniziò a tracciare la storia evolutiva del corvo imperiale. All’epoca questa specie cosmopolita era ritenuta appunto un’unica specie. Dopo un anno, però, Omland identificò degli indizi genomici che suggerivano la possibile esistenza di due rami evolutivi differenti. Uno originario del Vecchio mondo (Europa, Asia centro-settentrionale e coste mediterranee dell’Africa), ma diffuso anche in gran parte degli Stati Uniti, che chiamò “olartico”. E uno presente solo nel Nuovo mondo, ma limitatamente agli Stati Uniti sud-occidentali e al Messico, che indicò come lignaggio “California”. Ma man mano che la ricerca andava avanti, la storia evolutiva dei corvi imperiali americani si è infittita sempre più. Poco dopo, infatti, due studenti universitari del laboratorio di Omland – Jin Kim e Hayley Richardson – iniziarono ad analizzare il DNA mitocondriale (quello ereditato esclusivamente per via materna, ndr) di circa 500 corvi americani, ben 441 provenienti da

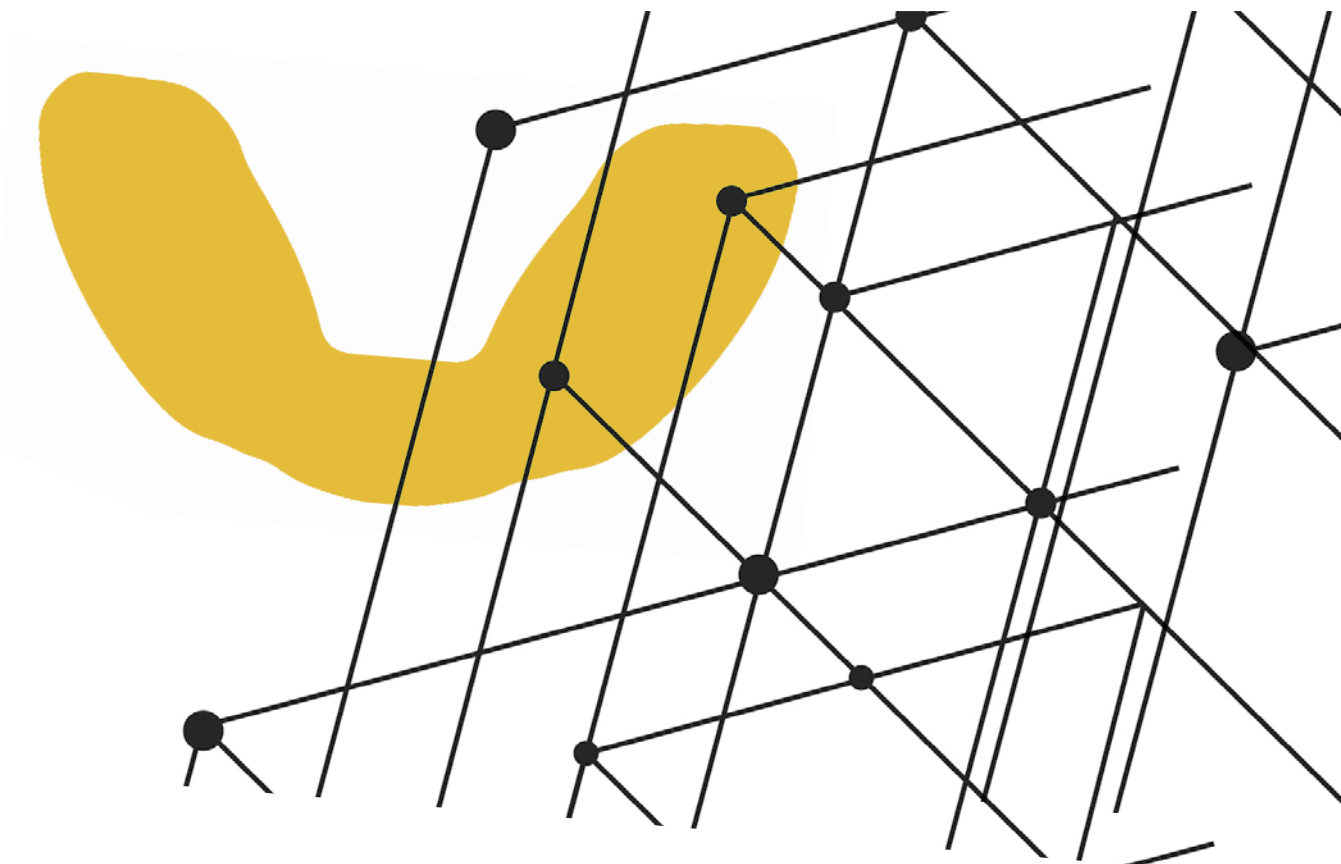
ogni parte degli Stati Uniti, 35 dall’Europa e 14 dalla Groenlandia. Dalle analisi scoprirono che i due lignaggi che Omland aveva diviso avevano, in realtà, del DNA mitocondriale in comune. E la spiegazione



L’evoluzione va “avanti”? Non è detto, può anche tornare sui suoi passi: è il caso della speciazione inversa

poteva essere solo una: i due lignaggi si mescolavano e incrociavano spesso. Serviva perciò approfondire la questione. Così dal 2012, grazie a un finanziamento del *Norwegian Research Council*, il team di Omland ha ampliato le ricerche e ha sequenziato anche il genoma nucleare (quello che si trova nel nucleo delle cellule, ereditato da entrambi i genitori, ndr) di 218 esemplari di corvo. E dalle analisi è emersa una storia evolutiva ancora più complessa. Stando ad esse, circa 1,5 milioni di anni fa i lignaggi California e Olartico si separarono per speciazione. Ma alcune decine di migliaia di anni fa, il loro cammino evolutivo è tornato a unirsi. La speciazione si è invertita e i due lignaggi hanno cominciato a ibridarsi, fino a formare un’unica specie. Questa speciazione inversa, però, non ha interessato la totalità della popolazione dei corvi appartenenti al lignaggio California. Una parte di questi, infatti, ha continuato a differenziarsi dando vita a una terza specie: quella che oggi è conosciuta come il corvo imperiale del Chihuahua (*Corvus cryptoleucus*), che vive negli Stati Uniti centro-meridionali e nel Messico centro-settentrionale.

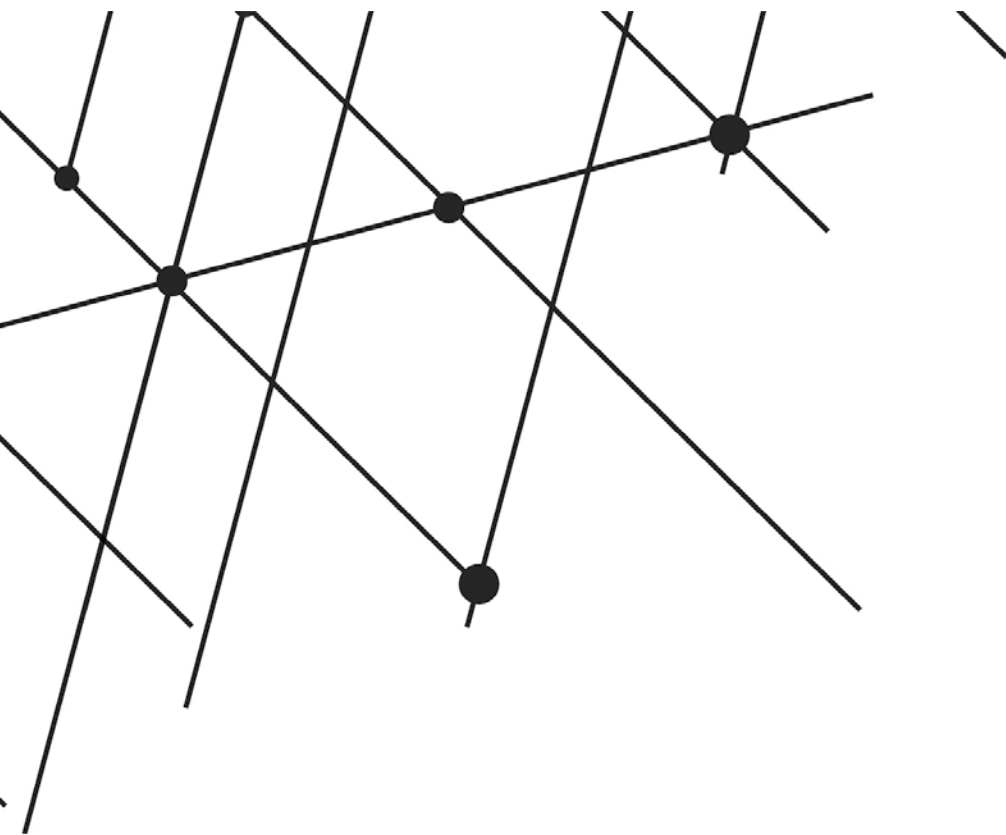
Ricapitolando, oggi in America vivono due specie di corvi imperiali: i *Corvus corax*, frutto della speciazione inversa e dell’unione di quelle che erano le specie California e Olartico, e i *Corvus cryptoleucus*, dall’origine singolare. La nascita di quest’ultima specie, infatti, è avvenuta nonostante la notevole sovrapposizione di areale con il lignaggio California. In assenza quindi di una separazione geografica, devono essere intervenuti altri fattori per dar luogo alla speciazione. E l’ipotesi avanzata è che, in questa storia di speciazione inversa, potrebbe essere inter-



venuta anche la mano dell'uomo. Per confermare o smentire questa ipotesi, il team analizzerà il genoma dei corvi americani dei primi anni del '900, conservati in uno degli scrigni di DNA e biodiversità più preziosi dell'America: il Centro per la genomica della conservazione dello *Smithsonian Institution*. E se dal confronto emergerà che i corvi conservati allo *Smithsonian* hanno un genoma simile a quelli odierni, in cui i due lignaggi Olartico e California si mescolano, allora sarà improbabile che gli spostamenti della civiltà umana nel corso dell'ultimo secolo abbiano avuto un ruolo in tutta questa faccenda. Ma se da un lato queste pieghe dell'evoluzione sono quasi imprevedibili e spesso serve la genetica per portarle a galla, dall'altro ci sono casi in cui l'evoluzione può essere invece altamente prevedibile. E persino ricorrente. Dove? Su un'isola, o meglio un arcipelago:

da sempre il laboratorio ideale per l'evoluzione. A quasi 4.000 km dalla terraferma, le Hawaii sono una meta da sogno non solo per i turisti, ma anche per i biologi evolucionisti, grazie alla varietà di forme animali e vegetali che vi si sono insediate da 5 milioni di anni a questa parte. Tra di esse ci sono le 15 specie di ragni stecco appartenenti al genere *Ariamnes*, che vivono nelle foreste delle isole di Kauai, Oahu, Molokai, Maui e Hawaii.

Questi artropodi dalle zampe sottili e con un addome dalla forma allungata, aspettano che siano altri ragni a costruire la tela e a catturare gli insetti, per poi rubarglieli. E nonostante siano aracnidi notturni, sono coloratissimi. Ma la particolarità che ha attirato gli scienziati è che su ciascuna delle isole hawaiane, gli *Ariamnes* si presentano leggermente diversi nella forma: c'è chi ha un addome più allungato, chi più pro-



nunciato verso il basso e chi ha zampe lunghissime. Ma su tutte e cinque le isole, i ragni *Ariamnes* sono sempre e soltanto di tre colori caratteristici: marrone scuro, bianco opaco e oro scintillante. Colorazioni che consentono a questi artropodi di mimetizzarsi rispettivamente su rocce o cortecce, sulla pagina inferiore delle foglie o sui licheni. E di evitare, così, i loro principali predatori: gli uccelli della famiglia dei Drepanididini, chiamate anche reginette hawaiane. Un altro mirabile esempio di radiazione adattiva. Si potrebbe pensare, quindi, che qualche milione di anni fa tre specie di *Ariamnes*, una per colore, si siano diffuse in tutto l'arcipelago, diversificandosi poi leggermente nella forma e dando vita a 15 specie differenti. Ma uno studio pubblicato a marzo sulla rivista *Current Biology*, ha rivelato una storia molto più complessa e sorprendente. Queste 15 specie sa-

rebbero il frutto di un'evoluzione ripetuta. Un raro caso di ecomorfismo: specie simili nella morfologia e nel comportamento, che occupano la stessa nicchia ecologica, ma non sono per forza strettamente imparentate. Quindi, ogni volta che un ragno stecco è arrivato su una nuova isola si è differenziato in specie diverse, ma sempre e solo di questi tre colori. Ancora e ancora. Senza aggiungere nessuna variazione: niente strisce, puntini o macchie. Con un ritmo – evolutivamente parlando – velocissimo. Un fenomeno possibile solo quando la specie è dotata di una certa plasticità del pool genico, che le consente di rispondere agli stimoli ambientali. Per esempio, un *Ariamnes* appartenente a una specie di colore scuro che raggiunga una nuova isola può diversificarsi in nuove specie di ragni scuri, dorati e bianchi, molto prima che altri ragni color oro o bianchi della vecchia

isola abbiano il tempo di raggiungere quella nuova. Il risultato è che tutte le specie di ragni presenti su un'isola sono molto più imparentate tra loro, anche se di colore e forme diverse, rispetto alle specie dello stesso colore, ma che abitano su altre isole dell'arcipelago hawaiano.

Così, i ragni stecco dorati dell'isola di Oahu sono più strettamente imparentati con i ragni marroni o con quelli bianchi presenti sulla stessa isola. Che con i ragni dorati delle isole di Kauai o Molokai. Sono, appunto, quello che gli ecologi chiamano ecomorfi. E per scoprirlo, sono servite le accurate analisi genetiche condotte da Rosemary Gillespie, ecologa evolutiva dell'Università della California di Berkeley a capo dello studio. Gli ecomorfi, infatti, sono molto rari e poco studiati. Tanto che al mondo, oltre ai ragni *Ariamnes*, appena catalogati come tali, ce ne sono solo altri due esempi: il ramo hawaiano del genere *Tetragnatha* di ragni dalla lunga mascella e le lucertole del genere *Anolis* delle Grandi Antille.

Ancora una volta le isole si dimostrano la fucina dell'evoluzione, che si diverte a dar luogo a radiazioni adattative, come per i fringuelli di Darwin, o convergenze adattative, in cui due specie diverse evolvono indipendentemente l'una dall'altra la stessa strategia per occupare una certa nicchia ecologica. Fino agli ecomorfi: specie che condividono gli stessi tratti ecologici e morfologici. Sarebbero state, quindi, le stesse caratteristiche ambientali delle Hawaii a guidare la speciazione ripetuta di questi aracnidi. Come se ci fossero solo alcuni "bivi" giusti per questi ecosistemi e l'evoluzione li avesse imboccati ripetutamente, diventando in questo caso prevedibile. Secondo lo studio, dunque, i ragni stecco *Ariamnes* avrebbero una sorta di interruttore pre-programmato nel loro DNA, che può essere attivato per consentire loro di evolvere rapidamente in queste tre ecomorfi. Ma come potrebbe funzionare questo processo non è ancora chiaro. Ora la sfida è proprio quella di capire quali elementi dell'evoluzione di questi ragni sono prevedibili e in quali circostanze l'evoluzione può andare esattamente nella direzione prevista. Senza dimenticare mai, che l'evoluzione non ha un fine, né una fine.