

## La farfalla che causò l'esplosione del Cambriano

Pietro Greco

*La storia dell'evoluzione nel nostro pianeta, per utilizzare la famosa metafora di Lorenz, è fatta di tanti battiti d'ali e innumerevoli farfalle. Come quelli che, circa 500 milioni di anni fa, diedero il via alla straordinaria 'esplosione' nella quale sono nate le grandi architetture della vita*

Il nostro universo – quello che i Greci chiamavano cosmo, il tutto armoniosamente ordinato – è nato 13,8 miliardi di anni fa con un Big Bang, una grande esplosione che ha generato lo spazio e il tempo, le cui cause ancora ci sfuggono. La nostra Terra, invece, che i Greci ponevano fuori dal cosmo in una dimensione di disordine e cambiamento e corruzione, è nata 4,5 miliardi di anni fa. *Homo sapiens* – l'occhio con cui l'universo ha imparato a osservare se stesso, secondo una bella definizione del fisico Victor Weisskopf – è nato, per evoluzione darwiniana, circa 200.000 anni fa.

Se riducessimo questa lunga storia a una sola giornata, vedremmo che l'universo nasce, ovviamente, appena dopo mezzanotte, alle ore 0:00, la Terra appare solo a pomeriggio inoltrato (alle 16:12, per la precisione) e l'uomo negli ultimissimi istanti: alle ore 23:59:58. Ora, seguiamo la sollecitazione del paleontologo e filosofo della biologia Stephen Jay Gould e immaginiamo che la storia di questa giornata cosmica sia un film, di cui possiamo riavvolgere il nastro e poi proiettarlo di nuovo: ebbene, sosteneva Gould, difficilmente alla fine della giornata riapparirebbe l'occhio con cui l'universo dalla Terra osserva se stesso. Difficilmente riapparirebbe *Homo sapiens*.

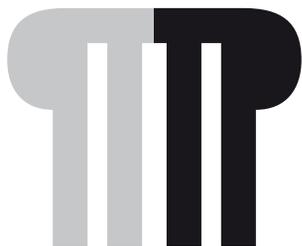
Il motivo, diceva lo studioso americano, è molto semplice. Il nostro numero (inteso come specie) è stato estratto in una grande e irripetibile lotteria. Ce ne fosse stata un'altra di tombola cosmica, con ogni probabilità sarebbe uscito un altro numero. Non necessariamente abbinato a una specie vivente capace di riconoscere se stessa e di indagare l'ambiente che la circonda. Il motivo di questo sano scetticismo statistico è piuttosto semplice: sia-

mo – dove il siamo riguarda non solo la nostra specie, ma anche la Terra, il Sole e persino la galassia – di una piccola e marginale componente di un sistema evolutivo complesso, ricchissimo di elementi e di relazioni tra gli elementi. Relazioni alcune volte armoniose, ma altre volte catastrofiche. L'evoluzione cosmica è tanto ordinata quanto caotica. Frutto, per dirla con Jacques Monod, tanto della necessità quanto del caso.

Alcuni anni fa il medico e biologo Stuart Kauffman, che ha lavorato alle ricerche sulla complessità presso il *Santa Fe Institute*, scrisse un libro dal titolo significativo: *At home in the universe*. Volendo dire che siamo di casa nell'universo. Vi siamo giunti a 2 secondi dalla fine della giornata perché eravamo attesi.

In realtà la biologia evolutiva ci dice che siamo come dei turisti fai da te che giungono nella *hall* di un grande albergo e chiedono se c'è una stanza libera. Quei turisti non sono completamente estranei al luogo, ma neppure erano attesi. Ecco, l'uomo è come un turista fai da te che ha trovato un posto nel Gran Hotel Universo.

Cosa questo significhi in pratica ce lo ricorda la cronaca scientifica degli ultimi mesi. Gli scienziati dell'esperimento Ligo e Virgo hanno rilevato le onde gravitazionali generate, un miliardo di anni fa o giù di lì, dal catastrofico impatto di due buchi neri. Se lo scontro tra i due mostri cosmici fosse avvenuto nelle vicinanze del sistema solare, oggi non ci sarebbero né il Sole, né la Terra, né noi, uomini sedicenti sapienti, a raccontarlo. Ma fermiamoci, per semplicità, alla storia della nostra minuscola casa: meno di un granello di polvere, nell'immensità indifferente del cosmo (per dirla, ancora una



volta, con Monod). Anche l'evoluzione del pianeta Terra è quella tipica di un sistema complesso modellata dal caso oltre che dalla necessità. Costellata di ordine, ma anche di immani catastrofi. Un sistema dinamico non lineare estremamente sensibile alle condizioni iniziali che, per chi non è esperto di matematica, è più facilmente rappresentabile evocando la metafora del meteorologo Edward Lorenz: basta un battito d'ali in Amazonia per scatenare una tempesta in Texas.

Lo studio congiunto di paleoclimatologi e di paleontologi, riassunto di recente dalla rivista *Nature*, ci ha fornito un esempio di questo imprevedibile battito d'ali dagli effetti enormi. Pare che la vita animale sia comparsa sulla Terra 800 milioni di anni fa, grazie a un battito d'ali della geochimica planetaria. Tra i grandi organismi pluricellulari, gli animali si distinguono dalle piante perché possono muoversi e cerca-



**Oggi potremmo trovarci di fronte a una nuova estinzione, con una differenza, però, rispetto alle precedenti**

re il cibo. Ma per farlo hanno bisogno di energia. E, quindi, di una fonte energetica generosa e facilmente confinabile. Insomma, hanno bisogno di ossigeno. Ebbene proprio 800 milioni di anni fa, a causa di eventi geofisici non ancora ben noti, la concentrazione di ossigeno negli oceani aumenta un poco: dallo 0,1 all'1 o 2% rispetto a quella attuale. Quanto basta per far evolvere organismi pluricellulari in grado di muoversi in maniera autonoma. Si trattava di animali molto piccoli, piatti, dal corpo molle e dai movimenti lentissimi, che vivevano sul fondale degli oceani in uno spazio sostanzialmente in 2D, in due dimensioni. Più tardi, circa 580 milioni di anni fa, la concentrazione di ossigeno negli oceani supera la soglia del 3% rispetto a quella attuale e ciò rende possibile lo sviluppo della "fauna di Ediacara", composta anche da animali più grandi che hanno riserve di energia sufficiente per nuotare. Grazie al minuscolo battito d'ali dell'ossigeno oceanico, gli animali scoprono lo spazio

in 3D. Passa ancora poco (poco nella scala geologica del tempo) e, intorno a 543 milioni di anni fa, con un altro piccolo battito d'ali, la concentrazione di ossigeno negli oceani supera la soglia del 10% rispetto a quella attuale. Il mare è ancora povero della preziosa molecola. Ma tanto basta per consentire l'evoluzione di animali capaci di muoversi con rapidità e di cibarsi con altri animali: nascono i predatori.

È una catastrofe. Sotto quelle giovani fauci la "fauna di Ediacara", incapace di difendersi, inizia velocemente a ridursi. Ma basta poco ai sopravvissuti per escogitare qualche efficace difesa: alcuni sviluppano un esoscheletro, una dura corazza che protegge dagli attacchi. Inizia così una fantastica corsa alle armi tra prede e predatori, nota come "esplosione del Cambriano", con cui la vita animale sperimenta strutture le più diverse. È un'esplosione – una creatività – senza precedenti e, soprattutto, senza analoghi posteriori. Nulla di simile era avvenuto prima e nulla di simile è avvenuto dopo: tutti i *phyla*, le grandi architetture della vita, oggi esistenti sono nate nel corso dell'"esplosione del Cambriano".

Tutto questo, probabilmente, non sarebbe successo se il battito d'ali fosse stato un po' meno intenso e la concentrazione dell'ossigeno oceanico fosse rimasta al di sotto della soglia del 10%. Tuttavia non tutto, nell'evoluzione biologica, è dovuto al caso. Esiste, per esempio, una legge che sembra imporre alla biodiversità di crescere nel tempo in maniera pressoché lineare. Che questa legge esista, lo dimostrano le cinque grandi estinzioni di massa (morie nel corso delle quali, in tempi relativamente brevi, sono scomparse almeno il 60% delle specie) che si sono succedute dopo l'esplosione del Cambriano. Nel Tardo Ordoviciano, 430 milioni di anni fa, la prima: scompare all'incirca l'85% delle specie; nel tardo Devoniano, 360 milioni di anni fa, scompare tra il 79% e l'83% delle specie; nel Permiano, 250 milioni di anni fa, si estingue addirittura il 95% delle specie, la vita è a un passo dalla fine; ancora, nel Triassico, 200 milioni di anni fa, l'estinzione riguarda l'80% delle specie e, infine, l'ultima grande estinzione, quella del tardo Cretaceo in cui a scomparire è il 70 o 75% delle

The image features a large, abstract graphic on the left side, composed of several overlapping, curved shapes in shades of purple and black. The shapes are elongated and tapering, creating a sense of movement and depth. The background is white, which makes the colors stand out. The overall composition is modern and minimalist.

specie, dinosauri compresi. Ebbene, di quasi nessuna di queste grandi estinzioni conosciamo con precisione le cause scatenanti. Di tutte, però, conosciamo gli effetti. Sempre, dopo la tragedia, la biodiversità è ritornata rigogliosa e ha ripreso la sua ascesa lineare, ovviamente con nuove specie, come se la grande estinzione non fosse mai avvenuta. Evidentemente per oltre mezzo miliardo di anni la crescita di biodiversità non ha avuto fattori ambientali limitanti. E probabilmente la legge che, dopo l' "esplosione del Cambriano" ha consentito la crescita lineare di biodiversità è una sorta di "horror vacui": la vita tende a occupare tutti gli spazi disponibili. Oggi, dicono i biologi, stanno scomparendo molte specie viventi. E il tasso di estinzione non solo è superiore a quello di natalità e, dunque, in controtendenza rispetto alla normale crescita della biodiversità, ma è del tutto paragonabile a quello delle grandi estinzioni di massa. Potremmo essere all' inizio di una nuova grande moria di specie, la sesta nella storia della vita animale. C'è una differenza, però, rispetto alle cinque precedenti. Non solo questa volta conosciamo la causa (*Homo sapiens*), ma questa causa è dotata di una "coscienza enorme": sa quello che fa. Ci troviamo, dunque, di fronte a una situazione inedita, per quanto ne sappiamo, nella storia cosmica. A due secondi dalla fine della giornata cosmica, non solo è apparso, un po' per caso un po' per necessità, l'occhio con cui l'universo ha imparato a osservare se stesso, ma quest'occhio è anche cosciente. Può osservare lontano, ma può anche agire a livello locale. La coscienza del primo occhio cosmico (conosciuto) è "enorme". L'uomo sa anche che la storia che sta osservando è fatta di tanti battiti d'ali di innumerevoli farfalle. Spiegabile a posteriori, ma difficile da prevedere a priori. Sa che ciascuno di questi piccoli battiti può scatenare una tempesta: proprio come è avvenuto nel Cambriano con l'impercettibile aumento dell'ossigeno sciolto nei mari. L'uomo sa anche che, per la maggior parte, i battiti d'ali sono incontrollabili. Ma sa anche che molti battiti sono suoi. E che se non vuole scatenare tempeste indesiderate deve imparare non solo a osservare, ma anche a controllare le sue ali.