

Diversi modi di fare scienza e la grande teoria della vita

Ferdinando Boero

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali Università del Salento, e, CNR-ISMAR, Genova

La biologia studia una singolarità nell'organizzazione della materia (la materia vivente) e si basa su conoscenze che sono di pertinenza di altre scienze che studiano le proprietà generali della materia, soprattutto non vivente. La mancanza di “leggi” predittive e universali in biologia è spesso presa come un segno di arretratezza della disciplina, in attesa di una sua maturazione. Tali “leggi”, però, non esistono ma i biologi hanno elaborato, e tuttora sviluppano, una teoria che spiega un fatto incontrovertibile: la materia vivente evolve. La teoria darwiniana, riformata più volte, rimane l'approccio unanimemente ritenuto corretto da chi si occupa professionalmente di scienze della vita. La negazione del valore esplicativo della teoria dell'evoluzione non è basata su spiegazioni alternative che non chiamino in causa entità soprannaturali.

Dall'empirismo alla teoria

La scienza ha due grandi missioni: identificare l'ignoranza, e tentare di ridurla. L'osservazione empirica del mondo esterno attraverso i nostri sensi è stata la prima forma di scienza. Abbia-

mo raccolto informazioni, le abbiamo catalogate, abbiamo compreso relazioni di causa ed effetto: se faccio questo... allora accade questo. Molti animali, oltre a noi, imparano attraverso l'esperienza. Noi, però, siamo andati oltre la semplice somma di esperienze da cui trarre lezioni. Siamo riusciti a formulare teorie generali su molte cose, ad esempio la teoria cellulare. La più importante di tutte (per noi esseri viventi che abitiamo il pianeta terra) è quella impostata da Darwin, ancora in corso di elaborazione. Al di fuori del nostro pianeta dove, al momento, non esistono prove dell'esistenza di vita, è irrilevante, ma qui non esiste nulla di più complesso da capire. Tratta di cose talmente difficili ed elaborate che probabilmente non la finiremo mai: è la teoria della vita. Ma vale la pena provarci.

Capire la vita

L'uomo ha iniziato la sua storia evolutiva come cacciatore e raccoglitore ed era imperativo conoscere la natura. Le prime forme di cultura, le pitture rupestri, raffigurano animali e non è un caso che, nella Genesi, il Creatore dia un solo incarico ad Adamo: dare il nome agli animali. Un compito che Linneo [1] affrontò con rigore scientifico, organizzando la biodiversità in un sistema coerente attraverso la nomenclatura binomia (noi apparteniamo al genere *Homo* e alla

specie sapiens, il nostro nome è *Homo sapiens*), raggruppando organismi in base alla condivisione di caratteristiche. Il sistema linneano è tuttora utilizzato e l'esplorazione della biodiversità non è ancora completata. Linneo, e tutti i suoi successori, i tassonomi, lavorarono per rispondere alla domanda "cosa": cosa sono gli altri organismi? Come si chiamano? Lamarck [2] affrontò la domanda "come" e, con il trasformismo, iniziò a spiegare come mai la vita è così diversificata. Il suo "trattato di filosofia zoologica" pone le basi della teoria dell'evoluzione e risale all'anno di nascita di Darwin, lo scienziato che si pose la domanda "perché?". Darwin (1859), con la selezione naturale, descrisse i rapporti tra gli organismi come una lotta continua per accaparrare risorse e, con la selezione sessuale, per riprodursi. La selezione naturale altro non è che l'ecologia e studia le cause ultime dell'evoluzione, quelle che determinano le spinte al cambiamento. Le cause prossime, il modo con cui il cambiamento avviene, erano sconosciute a Darwin, e fu Mendel (1866) [3], contemporaneo di Darwin, che con la genetica pose le fondamenta per comprendere i meccanismi "fini" dell'evoluzione.

Causalità multipla

Il fatto che fenomeni complessi siano dovuti a molteplici cause che concorrono a determinarli (la causalità multipla) ha contribuito a spezzettare la biologia in molte discipline, ognuna focalizzata su particolari aspetti. La genetica studia le modalità molecolari di trasmissione dei caratteri, l'ecologia studia i rapporti tra gli organismi, la biologia evoluzionistica studia il risultato della selezione naturale. Le spiegazioni riguardano più livelli. Conoscere il DNA di una specie e capire come sono codificati i suoi caratteri ci dice quali siano i meccanismi molecolari che fanno in modo che la materia vivente si assembli in una certa maniera. Ma non ci dicono quali siano state le cause di quella specifica organizzazione, come risultato di interazioni tra quella specie e le altre, e il mondo chimico-fisico.

La vita è una singolarità

La vita è monofiletica (ha avuto un'origine singola) e tutti i viventi sono collegati tra loro dalla condivisione di un antenato comune: il primo

vivente. Non abbiamo una prova sperimentale per dimostrare questo enunciato ed il motivo è semplice: la biologia è una scienza storica, e questo non ci mette nella condizione di rifare sperimentalmente quel che è avvenuto al momento dell'origine della vita. Non siamo neppure in grado di ottenere la vita da materia non vivente. Comprendere la storia della vita è un po' come comprendere l'origine dell'universo, con qualche differenza. La teoria del *big bang* non risponde alla domanda: da dove viene la materia? Ipotizza che ci sia sempre stata, e non spiega da dove venga, come ha cominciato ad esistere. Per la vita il problema non si pone. Esiste un "prima" dell'origine della vita su questo pianeta, semplicemente perché il pianeta ha un'età, e per molto tempo non presentò condizioni idonee alla vita. La vita si è evoluta per generazione spontanea. Un evento rarissimo, reso possibile da condizioni che non siamo in grado di ricreare. L'evento è avvenuto una volta soltanto o, se è avvenuto più volte, solo una volta la materia vivente è stata in grado di riprodursi con successo. Lo sappiamo per comparazione. Tutti i viventi parlano la stessa lingua, un codice di DNA-RNA, e l'origine singola è la spiegazione più parsimoniosa della condivisione di questa caratteristica. È molto improbabile che, indipendentemente, la materia si sia assemblata più volte secondo uno stesso schema, anche se si potrebbe ipotizzare che esistano vincoli talmente stretti alla formazione di materia vivente che, ogni volta che il fenomeno dovesse avvenire, si avrebbe lo stesso risultato. Se si fosse originata più volte, la vita sarebbe polifiletica e i viventi deriverebbero da diversi antenati comuni. Il fatto che i geni di un batterio possano funzionare in un vertebrato, però, è un altro forte suggerimento dell'origine comune dei viventi: parlano tutti la stessa lingua, e sono in grado di comunicare geneticamente.

La storia della vita

Ai biologi interessa molto il problema dell'origine della vita, forse tanto quanto ai fisici interessa l'origine dell'universo. La soluzione di questo problema con metodi sperimentali è stata tentata e, ogni tanto, qualcuno prova a dare origine a materia vivente da materia non vivente. Fino ad ora non ci sono riusciti: l'interesse dei biologi si

concentra su problemi altrettanto rilevanti ma molto più impellenti. L'origine della biodiversità, per esempio, è senz'altro più attuale. Come mai ci sono così tante specie? Se l'origine della vita è dovuta ad un evento singolo, all'inizio c'era una sola specie. Ora ce ne sono milioni, tutte imparentate tra loro. Come mai la vita non è rimasta identica a se stessa? La risposta non è affatto semplice, e si complica quando vediamo che ogni specie dipende dalle altre e che, assieme, le specie formano comunità che fanno funzionare gli ecosistemi planetari. Qual è il rapporto tra la biodiversità e il funzionamento degli ecosistemi?

Le piume di Darwin

La domanda è stata posta da Darwin, ne *L'Origine delle Specie* [4], con la metafora della manciata di piume: " *Gettate in aria una manciata di piume, e tutte dovranno cadere al suolo secondo leggi definite. Ma come è semplice questo problema se confrontato con l'azione e la reazione delle innumerevoli piante ed animali che hanno determinato, nel corso dei secoli, i numeri proporzionali e i tipi di alberi che ora crescono su quelle vecchie rovine indiane!* " Le leggi ben definite sono quelle della gravitazione universale: la fisica. Le piume cadono sempre. Darwin si trova di fronte a una foresta che ha coperto rovine di civiltà precolombiane in sud America. E pensa alla storia (nel corso dei secoli) che ha portato alla situazione che si presenta ai suoi occhi in quel dato momento. La storia è dovuta alle innumerevoli azioni e reazioni tra le varie componenti della biodiversità e di come tali rapporti abbiano determinato il funzionamento degli ecosistemi, sino al momento dell'osservazione.

Darwin riformato

Darwin mise assieme le conoscenze dell'epoca e le assemblò in una grande teoria, nota a tutti come la teoria dell'evoluzione. Per Darwin l'evoluzione è graduale: tante piccole modificazioni, sommandosi, portano a grandi modificazioni. Darwin non conosceva la genetica, ma aveva identificato le cause ultime, ecologiche, dell'evoluzione. Le chiamò *selezione naturale*. Le cause prossime, oggi esplorate dalla genetica, non facevano parte della sua teoria che, quindi, richiese ulteriori modificazioni [5]. Alcune premesse ritenute valide da Darwin furono confutate, e

furono sostituite da altre, senza però distruggere l'edificio concettuale della sua teoria. Weismann (1892) [6] dimostrò che le cellule che danno origine ai gameti (spermatozoi e uova) si segregano precocemente dalle cellule somatiche durante lo sviluppo (sequestro della linea germinale) e che è quindi impossibile che possano essere influenzate da quel che avviene al resto del corpo. Viene quindi a cadere la possibilità che i caratteri acquisiti dal corpo durante la vita di un individuo possano essere trasmessi alle generazioni successive, un meccanismo tipico della visione lamarckiana che era stato incorporato anche da Darwin. Fu così sviluppata la teoria neo-Darwinista, che incorporò le conoscenze sviluppate da Weismann all'interno della teoria darwiniana, in cui la selezione naturale continua a giocare un ruolo essenziale. Negli anni Trenta del secolo scorso, dopo la riscoperta delle leggi di Mendel, e l'elaborazione evolucionistica di discipline come la sistematica, la paleontologia, l'embriologia, la biogeografia e, soprattutto, la genetica, prese forma la *Sintesi Moderna*, ancora oggi in corso. Nel frattempo apparve chiaro che la linea somatica può influenzare la linea germinale e lo sviluppo dell'epigenetica aggiunse ulteriore complessità alla teoria: l'ambiente può innescare modificazioni che possono essere trasmesse alle generazioni successive. Si tratta di campi ancora in pieno sviluppo. Quello che emerge da tutto questo è comunque riconducibile alla selezione naturale. La vita si modifica (evolve) da una generazione all'altra secondo una miriade di meccanismi che non sono mutualmente esclusivi, e l'ambiente seleziona positivamente gli organismi che meglio riescono a far fronte a particolari condizioni. Alla selezione naturale si aggiunge, poi, la selezione sessuale che premia gli individui che riescono ad avere successo nella competizione per la riproduzione. L'intrico di relazioni causa-effetto che regola il divenire della materia vivente va dal livello biochimico- molecolare a quello individuale a quello ecosistemico, ed obbedisce a una miriade di pressioni che sono modulate nel corso della storia della vita, assumendo ruoli sempre differenti. Proprio come avviene nella "storia" studiata dagli storici. In effetti, Darwin si definisce uno studioso di storia naturale (un naturalista). La "storia" non può essere predetta con un approccio matematico. Ci provano da

molto tempo gli economisti, ma invariabilmente sbagliano. Non riescono, infatti, a prevedere le contingenze intrinsecamente imprevedibili che, però, sono le principali determinanti della storia. Se i vincoli prevalessero sulle contingenze non ci “sarebbe storia” e gli eventi si ripeterebbero in modo prevedibile. Una teoria della storia naturale è in via di formazione [5] ma non sarà mai predittiva: agli storici non si chiede di prevedere la storia futura. Gli storici, però, ci possono spiegare gli eventi del passato, ne individuano le cause e identificano regolarità che, in modo molto lasco, possono portare a delineare tendenze.

Com'è semplice questo problema...

La fisica studia fenomeni universali. La biologia studia una singolarità. La fisica scopre leggi che regolano le proprietà della materia in qualunque punto dell'universo. La biologia tratta qualcosa che avviene in una sottile patina di un solo pianeta nell'universo intero. Un'eccezione, non un'universalità: un caso particolare. Non sarà universale, ma è eccezionalmente difficile e Darwin lo esprime magistralmente con la metafora delle piume e con la conseguente presa d'atto della relativa semplicità del problema che la gravitazione affronta. La differenza tra la fisica e la biologia consiste nella predominanza, nella biologia, di enunciati esistenziali. Per i fisici, la dimostrazione che esiste qualcosa di più veloce della luce smantellerebbe le teorie relativiste. Per i biologi, aver dimostrato che la vita può evolvere per salti evolutivi e non per modificazioni graduali non ha portato ad alcun sconvolgimento. La vita può evolvere in tanti modi: “esistono” tante modalità evolutive, non c'è un meccanismo “universale”. L'universalità appartiene alle scienze che si occupano di fenomeni semplici, quando si passa alla complessità le cose cambiano, e dominano gli enunciati esistenziali, le singolarità.

La storia naturale e l'invidia per la fisica

Darwin si etichetta come “naturalista” e la storia naturale è la sua disciplina. Il suo modo di investigare si basa sull'osservazione e su piccoli esperimenti, a formare una serie di fatti le cui relazioni diventano teoria. Non c'è matematica in

Darwin, quello che spiega non può essere espresso con notazioni matematiche. I biologi, però, si innamorarono della fisica e invidiarono la sua capacità di scoprire “leggi”. Se “loro” hanno leggi che permettono di fare previsioni, perché noi non facciamo lo stesso [7]? Le prime leggi biologiche derivarono dalle generalizzazioni di osservazioni empiriche: Haeckel [8] formulò la legge biogenetica secondo cui “l'ontogenesi ricapitola la filogenesi”. Per i profani, l'ontogenesi è lo sviluppo di un organismo dall'uovo fecondato all'adulto, mentre la filogenesi è la storia evolutiva che ha portato alla specie a cui quel dato organismo è riferito. Noi iniziamo a vivere come esseri unicellulari (l'uovo fecondato, lo zigote, è una sola cellula) e poi ci differenziamo passando attraverso una serie di stadi morfologici che assomigliano ai nostri antenati. Un embrione umano assomiglia prima ad un pesce, poi a un anfibio, poi a un rettile etc. Von Baer formulò una serie di leggi, che prendono il suo nome e che sono meno generiche della legge biogenetica di Haeckel:

1. Durante lo sviluppo, i caratteri generali di un grande gruppo animale appaiono prima di quelli particolari.
2. I caratteri meno generali si sviluppano a partire da quelli più generali, e solo alla fine del processo compaiono quelli più specializzati.
3. Ogni embrione di una data specie non ripete, durante lo sviluppo, gli stadi adulti di altri animali, ma se ne allontana sempre di più
4. L'embrione precoce di un animale che occupa una posizione elevata nella scala zoologica non è mai simile ad un animale che occupa una posizione più bassa, ma è simile al suo embrione precoce.

La terza legge contraddice la legge biogenetica che vede, negli embrioni, gli stadi adulti degli antenati. A differenza delle leggi della fisica, l'espressione matematica di queste leggi non aggiungerebbe gran che al loro valore esplicativo.

“Leggi”

Altre leggi della biologia sono: L'informazione fluisce dal genotipo al fenotipo, ma non viceversa.

Ogni gene codifica un polipeptide. L'epigenetica e la scoperta di geni regolatori ne hanno falsificato l'universalità, e anche le leggi di Von Baer sono abbastanza lasche, le eccezioni essendo possibili. Le leggi di Mendel funzionano benissimo se il carattere in esame è codificato da un solo gene, ma se più geni concorrono a determinare una caratteristica, allora la precisione diminuisce. La matematica è la lingua della fisica perché la fisica affronta problemi relativamente semplici. Quando la complessità aumenta (e non c'è nulla di più complesso della materia vivente, nell'universo conosciuto) e gli enunciati esistenziali predominano, la matematica invece di essere un mezzo utile diventa un ostacolo.

Kant e la matematica

Kant dichiarò che la dignità di una scienza si misura dal suo livello di matematizzazione. La fisica è la scienza più matematizzata, e quindi è la scienza più nobile. Già la chimica è un'altra storia. La biologia... un giochetto infantile di collezionisti di francobolli, come, sembra, abbia affermato Lord Rutherford, un fisico insignito del premio Nobel, per la chimica (questa frase è attribuita a Rutherford nel libro [9]). Peccato che i fisici che si sono cimentati con problemi biologici, usando i propri strumenti, non abbiano ottenuto risultati mirabolanti. La biologia è una scienza storica, e non esistono equazioni che permettano di descrivere la storia del passato, né tantomeno di predire quello che avverrà in futuro. Volterra ci provò e formulò equazioni che descrivono i rapporti tra una preda e un predatore: due specie [10]. Se il numero di specie che interagiscono sale a tre, il sistema diventa imprevedibile nel medio e lungo termine. Poincaré aveva già mostrato che il problema di tre corpi, puntiformi, che interagiscono tra loro, un caso semplicissimo rispetto ai sistemi biologici, ha comportamenti essenzialmente imprevedibili. Successivamente Lorentz ha formalizzato il tutto nella teoria del caos.

La matematica, in biologia, serve moltissimo per elaborare dati, per costruire disegni sperimentali, per testare la significatività di differenze osservate. Ma la base di tutto è l'osservazione e la raccolta di dati. E quanti più sono i dati, quante più sono le interazioni, e tanto meno la matemati-

ca ci permette di capire. Invece di essere un aiuto diventa un ostacolo, perché ci obbliga a semplificare per poter essere utilizzata. Questo va bene nei sistemi semplici, ma non in quelli complessi. Far diventare semplice un sistema complesso non è risolutivo, è una truffa scientifica.

Riduzionismo e olismo (duro e molle)

L'approccio riduzionistico di scomporre problemi complessi in tanti problemi semplici da affrontare singolarmente ha portato a grandi progressi. Le soluzioni di singoli problemi, però, spesso comportano altri problemi a livelli differenti. Non è un caso che le autorità mondiali, dall'UE al G7, chiedano approcci "olistici", "integrati", "ecosistemici". Va benissimo semplificare i problemi per risolverli uno a uno, ma non basta: il tutto è più della somma delle singole parti. Parlare di scienze dure e predittive (matematizzate) e di scienze molli descrittive (non matematizzate) è una mistificazione. Darwin chiama semplici le scienze oggi considerate dure, e ci mostra la complessità di quello che qualcuno definisce "molle", con un'accezione evidentemente spregiativa: le scienze dure sono anche dette "predittive" mentre le molli sono "descrittive". Man mano che la complessità aumenta il riduzionismo si rivela insufficiente. Insufficiente non significa inutile. È però necessario assemblare i pezzi identificati dal riduzionismo all'interno di una teoria più vasta, che permetta di capire le interazioni tra le parti. Olistico significa che la teoria deve comprendere tutti i livelli di complessità che caratterizzano il sistema analizzato.

La negazione del Darwinismo

Il Darwinismo di oggi riconosce a Darwin la primogenitura di una grande visione del mondo vivente, relazionata al mondo non vivente. Molte sue idee sono state riformate, soprattutto quelle che riguardano i meccanismi prossimi dell'evoluzione, ma la grande sintesi permane e si arricchisce sempre più: è la teoria della vita.

L'attacco al Darwinismo è attuale. Ad esempio un fisico con una grande presa mediatica, A. Zichichi, disse che l'evoluzione non è una scienza perché non esiste l'equazione che la dimostri, e non è mai stato fatto l'esperimento probante

dell'origine di una specie [11]. Nel 2004 la ministra Moratti cercò di togliere l'evoluzione dai programmi della scuola dell'obbligo. Nell'anno Darwiniano 2009 (in cui si celebrano i 200 anni della nascita di Darwin e i 150 anni della prima edizione dell'Origine delle Specie) l'allora vicepresidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roberto De Mattei nominato dal ministro Gelmini, organizzò, nella sede e con il contributo del CNR, un convegno dal titolo *Evoluzionismo. Il tramonto di una ipotesi* [12]. Il mondo scientifico insorse, e ne seguì un'ampia polemica. [13, 14, 17, 15, 16].

I creazionisti, negli Stati Uniti, non arrivarono all'ardire di rimuovere l'evoluzione dei curricula scolastici ma chiesero che, a fianco all'evoluzione, fosse insegnata anche la teoria del Disegno Intelligente, una forma surrettizia per affiancare la creazione all'evoluzione. Come racconta Sculari (2015) [18], nel 1987 la Corte Suprema decretò l'incostituzionalità dell'introduzione della Scienza della Creazione nelle scuole pubbliche di alcuni stati USA. L'argomento adottato dal giudice Jones (2005) [19] nel rigettare la richiesta che il Disegno Intelligente fosse insegnato a scuola come alternativa alla teoria dell'evoluzione consiste nel definire il Disegno Intelligente come frutto di credenze religiose, e non come elaborazione teorica di fatti acclarati scientificamente. La Costituzione degli USA vieta l'insegnamento della religione nelle scuole pubbliche.

Chi nega il valore del Darwinismo non ha una teoria alternativa da proporre. I biologi saranno felicissimi di abbracciare una nuova visione della vita, se sarà più convincente di quella che deriva dall'approccio darwiniano. Per il momento non ce ne sono. Le alternative possono essere incorporate nella teoria della storia naturale, che comprende sia evoluzione sia ecologia [5]. Una teoria della vita che trovi spiegazioni alternative a quelle proposte attualmente non è stata formulata. Chi rigetta la teoria attuale non ha altro da opporre, a parte la fede religiosa in un'entità creatrice. La scienza si basa sul dubbio, la religione sulla fede. Si tratta di due domini logici nettamente separati e non sovrapponibili.

Conflitti tra le scienze

Il fatto che alcune scienze vengano considerate superiori rispetto ad altre è un oltraggio alla scienza stessa. I biologi, nei loro percorsi formativi, devono studiare matematica, fisica, chimica e, se sono naturalisti, anche geologia. Dato che studiano la condizione più complessa con cui la materia si esprime, i biologi potrebbero tranquillamente sentirsi superiori e irridere chi studia cose più semplici. Non lo fanno per un motivo semplicissimo: hanno studiato anche le discipline degli "altri" (spesso senza capirci gran che) e hanno il massimo rispetto dei loro colleghi. I matematici e i fisici non studiano biologia, semplicemente la ignorano.

In Italia i laureati in matematica e i laureati in biologia possono insegnare matematica e scienze nelle scuole medie inferiori. I matematici, di solito, trovano scandaloso che i biologi possano insegnare matematica, pur avendo seguito corsi universitari di matematica, mentre trovano normale che i laureati in matematica possano insegnare scienze naturali, avendo studiato solo matematica. Il semplice fatto che le norme permettano che una disciplina sia insegnata da qualcuno che non l'ha studiata (i matematici non studiano scienze) implica un'ontologica superiorità della matematica rispetto alle altre elaborazioni scientifiche. Come teorizzato da Kant.

Fuori dalla terra

Nel cosmo, fuori dalla terra, la biologia non ha ragione di essere, perché non esiste la vita al di fuori della terra. Prevalgono fisica e chimica. I biologi si inchinano alla superiorità di queste discipline e riconoscono l'inferiorità della propria, anzi la sua totale inutilità al di fuori del pianeta che ci ospita. I rapporti che trattano di vita extraterrestre, es. [20] sono farciti di complicate formule e sono redatti di solito da fisici e astrofisici che parlano, con il loro linguaggio, di qualcosa che non esiste, come se esistesse. Ernst Mayr, uno dei massimi evoluzionisti del secolo scorso, argomentò la vacuità di queste elucubrazioni che, peraltro, inghiottono consistenti fette dei finanziamenti alla ricerca [21]. A volte succede che gli stessi astrofisici contraddicano i credenti nella vita intelligente. Tipler [22], per esempio, argomentò in modo formale l'impossibilità del-

l'esistenza di esseri intelligenti extraterrestri con il ragionamento che, se ci fossero, le loro navi spaziali sarebbero già presenti nel nostro sistema solare. Il che significa che, per eventuali extraterrestri intelligenti in altri sistemi solari, noi non dovremmo esistere, visto che le nostre navi spaziali non sono nel loro pianeta. Tutto sta a definire cosa sia "intelligente", comunque. Di solito i biologi assistono sorridendo a queste affermazioni, e poi passano a cose più serie. È un grave errore. Queste affermazioni infatti, trovano vastissima eco nei media di tutto il mondo e, anche se i più accorti non osano esprimerle in modo formale, ne riempiono i media.

In dichiarazioni ai media e in canali televisivi, il famoso astrofisico Steve Hawking prima affermò di non avere dubbi dell'esistenza di vita extraterrestre, e poi concluse che abbiamo quasi distrutto le premesse che rendono possibile la nostra esistenza sul pianeta, proponendo la colonizzazione di altri pianeti come unico modo per salvare la nostra specie [23], e nessuno lo contraddisse. È necessario farlo, perché si trova sempre qualcuno disposto a credere a queste fandonie e ad investire montagne di denaro (spesso pubblico) per intraprendere imprese inutili che rubano risorse al perseguimento di imprese utili, tipo: restaurare gli ecosistemi che stiamo distruggendo, proprio come argomentò Mayr [24] nello stigmatizzare lo sperpero di denaro pubblico derivante dal progetto SETI.

C'è persino nella Bibbia

C'è maggior conoscenza ecologica nel racconto biblico che nelle dichiarazioni di Hawking. Nella Bibbia si narra che il Creatore, innervosito dallo sconsiderato comportamento degli uomini e delle donne che aveva creato, decise di spazzare via il proprio errore. Poi ci ripensò e decise di darci un'altra possibilità. Chiamò Noè e gli disse che sarebbe arrivato un diluvio universale e che avrebbe dovuto costruire una grande nave (l'arca) per superare il disastro. L'arca è l'astronave che dovrebbe portarci sugli altri pianeti, una volta che questo fosse distrutto da una catastrofe ecologica. Nel caso di Hawking il diluvio siamo noi, e su questo sono in perfetto accordo con lui. Il Creatore, però, non dice a Noè di salire a bordo con la sua famiglia (l'equipaggio del-

l'astronave). Gli dice di portare con sé tutti gli animali. Ad Adamo dice di dare il nome agli animali, a Noè dice di portare con sé tutti gli animali. E' evidente che il Creatore ama la zoologia! Gli animali, nel racconto biblico, sono "gli altri viventi". L'uomo non può vivere senza gli altri viventi, dai batteri ai funghi, le piante e gli altri animali. Siamo coevoluti con il resto delle specie e non possiamo essere talmente arroganti da pensare di poter vivere senza di loro. Non abbiamo neppure fatto l'inventario della biodiversità: cosa dovremmo portare assieme a noi nell'arca spaziale? O qualcuno pensa che, in altri pianeti, ci siano ecosistemi belli pronti che ci stanno aspettando? Solo chi ignori i rudimenti della storia naturale può fare affermazioni del genere. Il dramma non è che si facciano, ma che chi le fa non sia smentito e mantenga la propria reputazione di scienziato.

Probabilità e rispetto

La probabilità che l'aspettativa di Hawking si avveri è infinitamente piccola. Come sono infinitamente piccole le conoscenze di biologia di chi fa certe affermazioni. Il rispetto delle conoscenze altrui e il riconoscimento della propria ignoranza sono la premessa indispensabile per una proficua collaborazione tra le scienze. Nessun biologo ritiene che siano disponibili teorie alternative a quella corrente, per spiegare l'esistenza della vita. Sappiamo di essere molto ignoranti persino nella nostra stessa disciplina e siamo molto umili a seguito di questa consapevolezza. Questa umiltà è stata interpretata come una prova dell'inferiorità della nostra disciplina rispetto alle altre. Chi rinnega la grande teoria della vita di solito è molto ignorante nel campo dello studio della vita, e mostra scarso rispetto per chi si dedica a ricerche biologiche. Ridimensionati i complessi di superiorità, totalmente ingiustificati, si spera in una nuova era di collaborazione. Un inizio che sarà segnato dall'introduzione di almeno un corso di biologia nei corsi di matematica e fisica, così come matematica e fisica si insegnano nei corsi di biologia. Solo allora sarà più facile parlare tra noi con mutuo rispetto.

Non so davvero se sia possibile concepire una teoria che, in un singolo processo logico, sia in grado di spiegare "tutto". E poi dipende da cosa

significa “tutto”. Se tutto è fatto di atomi, possiamo pensare che sia sufficiente conoscere la struttura fine della materia, con le particelle subatomiche, per aver capito “tutto”? Non è difficile spiegare che questa aspettativa è fallace e che il “tutto” va ben oltre le singole componenti che lo formano.

Scienza come lingua

Poniamo che esista una sola lingua universale. Come tutte le altre lingue avrebbe un suo alfabeto: l'insieme di suoni elementari che, assemblati, formano le parole, siano esse scritte o dette. L'alfabeto è la base di tutto e senza l'alfabeto non ci può essere lingua. Quella lingua avrebbe un suo dizionario, un compendio dove sono elencate tutte le parole e che esplicita il significato di ognuna. E poi avrebbe la sua grammatica e la sua sintassi. Senza l'alfabeto non c'è lingua. Ma sapere l'alfabeto non permette di padroneggiare davvero la lingua: è necessario conoscerlo, ma non è sufficiente. Lo stesso vale per il dizionario, e per grammatica e sintassi. Le regole espresse dai crescenti livelli di complessità di una lingua sono solo l'inizio. Una lingua evoluta, infatti, produce una letteratura, delle elaborazioni espresse con l'articolazione del pensiero attraverso l'uso delle parole (o dei numeri, se volete). Ogni opera letteraria è unica e irripetibile. Ora, la letteratura sarebbe impossibile senza conoscere alfabeto, dizionario, grammatica, sintassi. Ma possiamo dire che siano queste conoscenze sufficienti a comprendere la letteratura? Sono necessarie, ma non sono sufficienti. Un conoscitore dell'alfabeto che si ergesse a dominatore della lingua perché senza l'alfabeto la lingua non esisterebbe... sarebbe ridicolizzato. E lo stesso trattamento sarebbe riservato a un detentore del dizionario che osasse dire che dato che ogni parola è presente nel suo corpus di conoscenze, e dato che la letteratura è fatta di parole, allora tutta la letteratura è compresa nel dizionario. La biologia sta alle altre scienze come la letteratura sta all'alfabeto, al dizionario, alla grammatica e alla sintassi. Tratta un particolare stato della materia e sottende a leggi di fisica e chimica. Le sue leggi sono casi particolari di quelle di fisica e chimica. La biologia non ha senso senza la fisica e la chimica, e queste discipline sono veramente universali, la

biologia no.

L'unicità della biologia

Se avvenisse un big bang al contrario, e la materia si semplificasse nei suoi stati primordiali, con ogni probabilità le regole che la governano resterebbero valide, ma non è affatto detto che la vita si riformerebbe così come è organizzata su questo pianeta. Se la vita avesse avuto origine anche in altri pianeti, indipendentemente da quella evolutasi sulla terra, il modo con cui si esprimerebbe sarebbe radicalmente differente. Se i vincoli costringessero la materia ad assemblarsi in modo analogo a quanto è avvenuto sulla Terra, e si evollesse una “lingua” chimica basata su RNA-DNA, sarebbe comunque altissimamente improbabile che l'evoluzione portasse a risultati analoghi a quello che possiamo osservare studiando la vita terrestre. Gli “alieni” inventati dalla fantasia romanzata, a volte fatti passare per reali, come gli alieni di Roswell [25], sono spesso ridicole varianti di vertebrati ominidi, a volte con innesti di altre specie animali o vegetali effettivamente presenti sul pianeta oggi o in passato. La probabilità che la vita su altri pianeti raggiunga livelli di organizzazione simili a quelli della vita terrestre è inferiore alla possibilità che uno scrittore, indipendentemente da Dante, possa riscrivere la Divina Commedia o che un musicista, indipendentemente da Frank Zappa, possa riscrivere Zomby Woof. Eppure l'alfabeto italiano è fatto solo da 21 lettere, e le note sono solo sette.

Conclusione: la scienza è musica

La realtà è unica e le varie scienze la affrontano da punti di vista differenti. L'approccio riduzionistico ha portato a progressi strepitosi nella nostra comprensione dei vari aspetti della realtà che ci circonda. Ogni branca della scienza, però, abbraccia solo una porzione del reale. Il “tutto” si comprende mettendo assieme le varie parti che lo compongono, cercando di estrarre le proprietà emergenti, quelle che fanno sì che il tutto sia più della semplice somma delle sue parti. La musica è una buona metafora, per spiegare questo assunto. Se ascoltiamo una composizione complessa, suonata da qualche decina di strumenti, ad esempio G-Spot Tornado, sentiamo un solo grande suono, quello che Frank Zappa

chiama “la grande nota” [26]. La grande nota è fatta di tante piccole note, suonate dagli strumenti che compongono l’orchestra. Se ascoltassimo gli strumenti uno alla volta non potremmo apprezzare il risultato di quando suonano assieme. Ogni suonatore si deve esercitare a lungo, da solo, per perfezionare la sua tecnica, ma poi deve imparare a suonare con gli altri, per ottenere la “continuità concettuale”. La scienza ha iniziato come un’orchestra e i primi scienziati studiavano “tutto”, ma poi i vari strumenti hanno iniziato a suonare ognuno per conto suo. E alcuni “musicisti” hanno persino sviluppato complessi di superiorità, ritenendosi più importanti di altri. È un errore che non contribuisce allo sviluppo armonico della conoscenza e che può causare danni al progresso culturale, come avviene quando scienziati non biologi negano l’evoluzione darwiniana. La grande sfida della scienza, a questo punto, consiste nella sintesi, nel mettere assieme le conoscenze su specifici aspetti della realtà e nel farle “suonare assieme”, con umiltà e sapienza. Continueranno le scoperte negli specifici campi, e sarà giusto dedicare molte energie agli approcci riduzionistici, ma sarà altrettanto indispensabile iniziare a mettere assieme quel che abbiamo imparato sino ad ora, e a far finalmente suonare l’orchestra della scienza.



[1] C. Linnaeus: *Systema naturae*. L. Salvii, Holmiae, Stockholm (1758).

[2] J-B Lamarck: *Philosophie Zoologique, ou Exposition des Considérations Relatives à l’Histoire Naturelle des Animaux*. Dentu et l’Auteur, Paris (1809).

[3] G. Mendel, *Versuche über Pflanzen-Hybriden*. Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr, 1865, Abhandlungen: 3-47 (1866).

[4] C. R. Darwin: *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London (1859).

[5] F. Boero, *From Darwin’s Origin of Species towards a theory of natural history*. F1000 Prime Reports, 7:49 (doi:10.12703/P7-49) 7 (49) <http://f1000.com/prime/reports/b/7/49/> (2015).

[6] A. Weismann: *Das Keimplasma: eine Theorie der Vererbung*. Fischer, Jena (1892).

[7] F. E. Egler: “Physics envy”, *Bulletin of the Ecological Society of America* 67 (1986) 233-235.

[8] Ernst. Haeckel: *Generelle morphologie der organismen [General Morphology of the Organisms]*. G. Reimer, Berlin (1866).

[9] J.B. Birks: *Rutherford at Manchester*. Heywood, London (1962).

[10] M. Gatto: “On Volterra and D’Ancona footsteps: the temporal and spatial complexity of ecological interactions and networks”, *Italian Journal of Zoology* 76 (2009) 3-15.

[11] A. Zichichi: *Perché io credo in colui che ha fatto il mondo. Tra fede e scienza*. Il Saggiatore, Milano (1999).

[12] R. De Mattei: *Evoluzionismo. Il tramonto di una ipotesi*. Cantagalli, Siena (2009).

[13] F. Boero Creazionisti al CNR, il prof. Boero: “Un duro colpo alla reputazione dell’Istituto”. Micro Mega <http://temi.repubblica.it/micromega-online/creazionisti-al-cnr-il-prof-boero-caro-maiani-confonde-correttezza-scientifica-con-liberta-di-espressione/> (2009).

[14] L. Maiani *Antievoluzionismo, il presidente del CNR si dissocia da De Mattei*. Micro Mega <http://temi.repubblica.it/micromega-online/antievolutionismo-il-presidente-dmat09el-cnr-si-dissocia-da-de-mattei/> (2009).

[15] F. Boero, *Da dove vengono i bosoni?* (2013), Internazionale. <http://www.internazionale.it/opinione/ferdinando-boero/2013/10/11/da-dove-vengono-i-bosoni>.

[16] L. Maiani *Quanto ci è costato il Bosone di Higgs?* Gaia News <http://gaianews.it/scienza-e-tecnologia/fisica/luciano-maiani-quanto-ci-e-costato-il-bosone-di-higgs-47714.html#.WOOsTo4lF-U>

[17] L. Margottini, *Italy Science Agency helps publish creationist book*. Science <http://www.sciencemag.org/news/2009/12/italy-science-agency-helps-publish-creationism-book> (2009).

[18] A. Scaliari *Quando il creazionismo diventò “intelligente”*. Pikaia <http://pikaia.eu/quando-il-creazionismo-divento-intelligente/> (2015).

[19] J. E. Jones *Decision in Kitzmiller v. Dover*. https://ncse.com/files/pub/legal/kitzmiller/highlights/2005-12-20_Kitzmiller_decision.pdf (2015).

[20] F. Drake, J. H. Wolfe, C. L. Seeger, SETI Science Working Group Report. NASA Technical Paper 2244 <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19840014110.pdf> (1984).

[21] E. Mayr, *Is biology an autonomous science?, Towards a New Philosophy of Biology*, E. Mayr, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge-USA (1988).

[22] F. J. Tipler: “Extraterrestrial intelligent beings do not exist”, *Quarterly Journal of the Royal astronomical Society* 21 (1980) 267-281.

[23] S. Hawking, www.hawking.org.uk/life-in-the-universe.html

- [24] E. Mayr, *The probability of extraterrestrial intelligent life, Towards A New Philosophy of Biology. Observations of an Evolutionist* (Mayr, E., ed.), Belknap, Harvard-USA, (1988).
- [25] https://en.wikipedia.org/wiki/Roswell_UFO_incident
- [26] F. Boero, *La Grande Nota di Frank Zappa* Treccani (2014) http://www.treccani.it/webtv/videos/Int_ferdinando_boero_zappa.html



Ferdinando Boero: Professore di Zoologia dell'Università del Salento e associato al CNR-ISMAR, Genova. Insignito della Medaglia per le Scienze Fisiche e Naturali dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, nell'anno 2017.