

## NOTA A «PARADOSSO 2012/2. FORME DELLA VITA E STATUTI DEL VIVENTE», AA.VV. (25/07/13)

### Due parole su evoluzione sincronica, diacronica, flussi di energia e big-crunch epistemologico

Franco Rebuffo

#### 1. Antefatti

Ho ricevuto recentemente uno scritto di Giorgio Forti relativo al fascicolo di «Paradosso 2012/2», con alcune osservazioni relative al mio articolo su Darwin. Devo dire che, subito, non ho pensato di rispondere. Le obiezioni sono state il risultato di una sorta di *misunderstanding* circa due *immagini* che avevo usato per «sceneggiare» al lettore la differenza tra un *sistema stabile* e *instabile*. Nel primo caso, era l'immagine del *tavolo da biliardo* che avrebbe dovuto rappresentare un sistema chiuso di meccanica classica (*teoria dell'urto*); nel secondo caso, l'immagine di una *vasca da bagno*, con annesso *flusso d'acqua* che avrebbe dovuto rappresentare un *sistema dissipativo*. Il *flusso* disegna sulla superficie dei *gorgi instabili* il cui mantenimento costringe a dissipare continuamente energia (occorre tenere sempre il rubinetto aperto!). Forti ha «saltato» questa seconda immagine.

Ho considerato istintivamente un fatto del tutto veniale il *misunderstanding* che si è creato: a volte gli articoli sono *noie mortali* (probabilmente il mio non ha fatto eccezione) e questo induce il lettore a saltare qualche passaggio. È facile che succedano fatti di questo tipo (sono sicuro che siano successi anche a me!) e, lo ripeto, ho pensato non valesse proprio la pena di mettere in campo tortuose precisazioni per un fatto così veniale.

Però lo scritto di Forti non si è limitato ai rilievi diretti agli autori, ma ha toccato altri argomenti sicuramente importanti: molti li condivido, alcuni li formulerei in maniera più radicale, altri non li condivido. Questo mi ha fatto cambiare opinione, quindi vorrei impegnarmi in alcune considerazioni, anche se brevi.

#### 2. Evoluzione sincronica e nascita di una epistemologia interpretativa

Partiamo da un punto che ha toccato anche Forti e che sta producendo una vera e propria rivoluzione epistemologica. Infatti, oggi stiamo assistendo allo sviluppo di un ventaglio impressionante di studi che con un termine del tutto *disposizionale*, è designato come *post-genomica*. In questa prospettiva, non risulta tanto rilevante l'apparato dei geni strutturati, cioè quelli che *codificano per proteine* (il *genoma* classicamente inteso) quanto gli *apparati regolatori* che «gestiscono» la specificazione spazio-temporale degli stessi *geni strutturati*. In questo senso, viene determinata la specificità metabolica ed evolutiva dell'individuo mediante la modalità con cui i geni vengono, volta a volta, attivati o disattivati.

Si tratta di una sorta di *evoluzione sincronica* che segna la specificità della vita individuale, dalla nascita alla morte, e si «affianca» all'evoluzione *diacronica* tradizionale che coinvolge la *specie*.

Vale la pena di seguire brevemente lo *spaccato metodologico* con cui si conducono le *ricerche su questo terreno*, in quanto, dato il volume esorbitante dei *dati* e la conseguente difficoltà nell'applicazione delle procedure sperimentali *statistico-predittive*, si sta progressivamente affermando una epistemologia di tipo *interpretativo* in luogo di quella *statistico-predittiva* tipica dell'epistemologia contemporanea.

È come se il *pendolo della storia*, almeno in questo caso, si stesse progressivamente spostando verso l'*induzione interpretativa* di Francis Bacon e si allontanasse dalla concorrente *induzione predittiva* di David Hume. Si tratta di un movimento pendolare che è gravido di conseguenze; potremmo porci la domanda: la scienza sta andando verso una *logica interpretativa della realtà* o continua a mantenersi nell'alveo della *logica statistico-predittiva* segnata dall'epistemologia contemporanea? Sono in gioco visioni scientifiche, culturali e filosofiche che coinvolgono gli stessi concetti chiave su cui si articola l'indagine scientifica. Ma, soprattutto sono in gioco le culture con cui si stabilisce ciò che è scientifico e non scientifico.

A questo punto, torniamo al problema delle *criticità* che favorirebbero questa sorta di «terremoto» e, innanzitutto, cominciamo a focalizzare il funzionamento biologico degli *apparati regolatori*. Questi sono costituiti da frammenti di *Dna*, *Rna*, *proteine* e *piccole molecole* che si «saldano» con i *recettori* posti sulle *membrane* delle cellule stesse e in questo modo possono inviare le *informazioni* che regolano il *metabolismo cellulare*. Eventuali mutazioni, anche di piccola entità sui singoli *nucleotidi*, possono liberare eventuali «concorrenti» adatti a regolare la sintesi di *proteine* eversive che potrebbero cambiare, anche in maniera traumatica, la traiettoria di vita di un individuo. Si tratta di una gigantesca «concertazione» che coinvolge un volume impressionante di dati.

È un'evoluzione ad altissimo tasso di energia, quindi con una velocità enormemente superiore rispetto a quella dell'*evoluzione diacronica*. In questa prospettiva, risulta molto più impattante la sostanziale mancanza di morfismi tra la *struttura biochimica* del *Dna* (*acidi*, *basi*, *etc.*) e quella *concettuale-disposizionale* (*nomologica-deduttiva*) dei *geni*. In questa prospettiva, molti ricercatori continuano ad utilizzare una terminologia fondata sui *geni* ed usano termini quali *morfogeni*, *etc.* ma altri usano raramente questo riferimento utilizzando quasi sempre *termini biochimici*, quali *strutture regolatorie*, *morfo strutture*, *etc.* Anzi, secondo alcuni –non molti per la verità– bisognerebbe proprio abbandonare *tout court* ogni terminologia che si riferisca ai *geni*.

L'ulteriore aspetto è dato dall'impossibilità di stabilire *confini precisi* tra le strutture coinvolte; queste ultime «fluttuano» in maniera indistinguibile. Ad esempio, risulta impossibile «circoscrivere» con precisione sia la dimensione delle aree su cui agisce la «regolazione», sia le corrispondenti aree in cui può differenziarsi e moltiplicarsi il fenomeno dell'*innesto sui recettori*.

È come se la situazione costringesse i *ricercatori* a costruire delle *evidenze* in una situazione in cui non è possibile distinguere e definire con precisione le strutture su cui si sta agendo. Per «alleggerire» il vero e proprio *incubo epistemologico* che ne deriva (esorbitante mole di dati indecidibili) si tenta, quindi, di rintracciare un *senso* che permetta di «convergere» su *insiemi di molecole* che agiscono in concertazione con altri *insiemi di molecole*, si tratta di veri e propri *moduli* che interagiscono.

È una *mossa interpretativa*, possibile utilizzando *sistemi computazionali* e di *intelligenza artificiale* (*simulazione*). Questi *sistemi*, in sintesi, hanno caratteristiche riepilogabili in questo modo: qualsiasi sistema computazionale (anche un'algoritmica tipo il *pallottoliere*) se spinto artificialmente a numeri elevati, può generare *proprietà* non algoritmiche (*moduli*). È come se si costruissero delle «convergenze» (*moduli*) in grado di semplificare l'enorme peso dei *dati*, quindi favorire le strategie costruttive. Su queste basi risulterebbe più agevole mappare

le *interazioni*, quindi usare il confronto con i dati sperimentali come una sorta di *rasoio di Occam* per stabilire la loro «plausibilità».

Se la situazione risultasse soddisfacente si potrebbe procedere a mappare i componenti interni di ogni modulo, analizzando come le *variazioni dei componenti* (presenza, assenza, relazioni) possano modificare l'asse *input-output* del modulo stesso. A questo punto, può essere possibile tentare di ricostruire il *circuito biochimico* interno al *modulo*.

Si tratta, come abbiamo anticipato, di una vera e propria *rivoluzione epistemologica* la cui ossatura è rappresentata da differenti *fasi interpretative* in grado di articolare altrettante fasi di *inferenze costruttive*, non le classiche inferenze predittive. Questo, detto per inciso, è la ragione per cui i cosiddetti *farmaci biologici* che agiscono sull'*apparato regolatorio* rischiano di rimanere negli scaffali dei *centri di ricerca*. Infatti, l'autorizzazione al loro utilizzo clinico è subordinata, da parte dei *regolatori*, al rispetto dei *vincoli sperimentali* previsti dall'epistemologia medica contemporanea. E questo molte volte risulta impossibile e, nella migliore delle ipotesi, difficoltoso.

Ma non è finita. L'*evoluzione sincronica*, a massima energia di *variazioni*, non solo segna i confini della vita e della morte degli individui (e apre anche i nuovi confini del farmaco e della clinica) ma influisce anche sull'*evoluzione diacronica*. Le modalità con cui questo avviene rappresentano una nuova frontiera per i ricercatori anche se vi sono delle ipotesi estremamente affascinanti sull'argomento, ad esempio relativamente al *cervello*. Tuttavia a noi interessa soprattutto il *big crunch epistemologico* che abbiamo cominciato a delineare e che coinvolge, in maniera trasversale, qualsiasi disciplina evolutiva.

### 3. Flussi di energia, infiltrazioni e big crunch epistemologico

Il fenomeno si verifica tutte le volte che un sistema a *massima energia evolutiva* si «infiltra» in un sistema a *minor tasso di energia*. Questo coinvolge, oltre alla biologia evolutiva, anche la *fisica evolutiva* che si occupa del *ciclo di vita dell'universo*; l'*economia evolutiva* che si occupa dei *cicli di vita economici*; etc. In questa prospettiva, trovo molto indovinata la dizione «energia libera» con cui *Schrödinger* designa i tratti anarchici con cui fluisce l'energia nei «territori» che l'azione dissipatrice dell'*infiltrazione* ha liberato. Malgrado, in un secondo momento, lo stesso *Schrödinger* abbandonasse questo termine per il pericolo di confusione con il termine usuale di *energia* (indubbiamente molto meno anarchico) preferisco continuare ad usarlo perché lo trovo veramente adatto a descrivere gli imprevedibili *cambiamenti*, quasi segnassero l'apparire di altrettante *fate morgane*, nei fenomeni dell'*infiltrazione*.

Dato che vorrei mantenere la suggestione di questa «trasversalità», vorrei servirmi ancora delle *immagini* che sono state criticate da Forti, ma facendone una sorta di «riedizione» in qualche modo autocritica.

Ipotizziamo di avere un tavolo da biliardo «perfetto» (il piano da gioco non ha anomalie!); un giocatore altrettanto perfetto (quindi che sappia giocare sempre con la medesima *perfezione*!) e posizioniamo la *palla*, su cui dovrebbe essere diretto il colpo di stecca iniziale, in un punto particolare del tavolo verde: si tratta di un *punto* le cui due coordinate siano rappresentate da due *numeri irrazionali*.

Cosa succede in questi casi? La palla non ha un *punto* determinato su cui poggiare, è costretta a coprire un «alone» di dimensione infinitesima, quindi, per coprire «tutta» la *posizione*, è costretta ad oscillare con movimenti altrettanto

*infinitesimi*. Occorre tener presente che non oscilla solo la *palla*, oscillano anche le *molecole*, gli *atomi* e le *particelle* che la compongono e, tanto per rincarare la dose, questo sistema di oscillazioni è privo di *morfismi*. Il risultato è la presenza di un *vortice caotico* caratterizzato da insiemi di oscillazioni *infinitesime* con andamenti *casuali*.

Quasi senza preavviso, abbiamo la visione improvvisa della nostra *fata morgana*. Scopriamo di essere in un *tavolo verde* dissipativo: il *sistema* iniziale di *meccanica classica* rigorosamente «chiuso» ci appare ora «aperto» e attraversato da liberi *flussi di energia*, quindi *instabile* e *imprevedibile*. In questo contesto la stessa definizione *fisico-geometrica* con cui intendiamo una qualsiasi *sfera rotante* (si tratta delle *palle da biliardo*) ci appare del tutto *falsificata*: le sfere non occupano posizioni definite; seguono traiettorie imprevedibili quando le si colpisce con la stecca; sono dotate di *fluttuazioni interne* che permettono loro di oscillare autonomamente; in ultimo, dissipano continuamente energia per mantenere le loro posizioni sul *tavolo verde*.

In questa *infiltrazione*, non vi è alcun *morfismo* che «lega» i due sistemi, quindi che possa spiegare l'azione dell'uno sull'altro, oppure che possa tracciare confini precisi tra i due. Però, ad un certo limite, l'azione può essere dirompente e generare il *big crunch epistemologico*. Nel caso del nostro *tavolo da biliardo*, vengono infrante le leggi della meccanica classica e la *palla* assume una *dignità antropica*! È come se la *palla*, presa da improvvisi brividi dissipativi per il punto di *irrazionalità* in cui si trova, prendesse la decisione di cambiare completamente il suo comportamento. Respira energia attraverso la sua superficie sferica, la *dissipa* nella passione dell'*irrazionalità*, quindi scarica l'entropia sull'esterno.

Potrà sembrare un caso paradossale ma è quello che avviene usualmente: la dimensione antropica è sempre collegata a quella dissipativa! Cerchiamo di vedere alcuni di questi casi prima di tornare nuovamente (e brevemente, lo prometto!) alla *biologia evolutiva*.

Se consideriamo due recipienti che contengono due gas e li mettiamo in comunicazione avremo un processo di inquinamento in cui le molecole dei due gas si «mischiano» in maniera disordinata (aumento dell'entropia) ma ad un certo limite ciascuna molecola può cominciare a «vedere» e diventare «sensibile» alla rete di *segnali* che tutte le altre molecole rilasciano nel sistema. Su questa base, interagendo con tutta la popolazione presente, può «scegliere» la posizione che decide essere la più vantaggiosa per lei sulla base della sua *esperienza passata* (si tratta dell'aspetto *antropico dell'auto-organizzazione*). In questo modo è come se la *molecola* disegnasse un *super-ordine*, basato su di una individuale memoria del passato e scelta del futuro. Questo comportamento antropico annichisce il disordine iniziale e permette di abbassare l'entropia scaricandola sull'esterno (l'intelligenza di questa *molecola* ha fatto avere il Nobel a Prigogine!)

Un altro esempio può essere rintracciato nella *fisica delle particelle*. La posizione che andrà ad occupare una *particella* rientra nell'enorme gamma delle possibilità statistiche della sua *funzione d'onda*. Nei casi in cui la stessa particella subisse un'interferenza qualsiasi (ad esempio da parte di un *rilevatore*) si avrebbe immediatamente la decisione, da parte della *particella* stessa, di «ignorare» la sua *funzione d'onda*, assumendo una posizione anarchica, completamente imprevedibile, *controstatistica* e *controfattuale*. Ma c'è di più (*paradosso di Einstein, Rosen, Podolsky*). Immaginiamo che le *particelle* siano due, generate da un medesimo processo fisico che imprima loro due direzioni opposte che le fanno allontanare l'una dall'altra alla stessa velocità. Nel caso una delle due *particelle* subisca

un'interferenza e assuma una posizione che disattenda la sua *funzione d'onda*, l'altra tiene un comportamento solidale e, a sua volta, disattende la propria *funzione d'onda*, anche se si trova ad enormi distanze dalla prima. È come se venisse conservata la *memoria* della loro generazione comune e, su questa base ancestrale, venisse mantenuta una comunicazione costante (malgrado la distanza!). Anche in questi casi viene generato un super-ordine completamente contro-statistico e contro-fattuale.

Potrebbe esserci un caso più spinto! Sino a questo punto il raggio d'azione dell'*energia libera* (secondo la dizione di Schrödinger) ha potuto esprimersi scaricando l'entropia a scapito del sistema esterno, però, in alcuni casi, l'entropia potrebbe collassare anche nei sistemi ritenuti *chiusi*.

La proprietà della *radiazione di Hawking* di sfuggire alle enormi forze attrattive di un *buco nero* (violazione del fondamento-chiave della *teoria della relatività*) ha l'ulteriore proprietà di farlo *evaporare* sottraendo energia e, nello specifico, sottraendo l'enorme accumulo di *entropia* condensata nel *buco nero* stesso. In questa prospettiva l'ipotesi più accreditata potrebbe essere quella di una corrispondente *evaporazione* dell'entropia sottratta al *buco nero*. Questo, oltre a prefigurare l'evaporazione di tutti i *buchi neri*, prefigurerebbe altresì l'evaporazione di tutta l'entropia dell'universo «riportando» il nostro *eone* allo stato di entropia minima prima del *bing bang*. Su questa base un ulteriore *eone* potrebbe dare origine ad un nuovo *ciclo*, successivo a quello segnato dal nostro *universo*. Si tratterebbe di un «ripiegamento circolare» della *freccia del tempo* (Penrose).

Il problema dell'annientamento dell'entropia in un sistema chiuso potrebbe non avere direttamente indizi soddisfacenti, tuttavia vi sono indizi indiretti: sempre Penrose ha individuato nella *radiazione cosmica* delle discontinuità che potrebbero essere state impresse, come altrettante *impronte*, dagli enormi vortici creati dalla collisione di grandi *buchi neri* appartenenti all'*eone* precedente al nostro. È come se risultasse visibile un'archeologia degli universi precedenti rintracciabile nella *radiazione cosmica* appartenete al nostro *eone*. Questo fatto è suscettibile di prove convincenti e può indirettamente rafforzare l'ipotesi dell'evaporazione dell'entropia in quanto permetterebbe la riduzione ciclica degli *eoni* agli stati iniziali precedenti il *big bang* (privi di entropia), e su questa riduzione potrebbero ricominciare i *nuovi cicli*.

È come se l'*universo* diventasse improvvisamente un sistema aperto e generasse *cicli successivi* perennemente aperti. In questo contesto la *chiusura* diventa un fatto del tutto occasionale ed artificiale. Sta prendendo forma una *cosmologia* in cui la tradizionale *epistemologia induttiva* che funziona nei *sistemi chiusi*, dove è possibile poter contare sulla stabilità e dove non sono presenti *fate morgane* e flussi liberi di *energie anarchiche*, assume un ruolo del tutto residuale.

Si tratta di un vero e proprio *big crunch* dell'epistemologia tradizionale. È come se cambiassero anche i riferimenti ancestrali: un immaginario *pendolo*, come abbiamo anticipato, si sta spostando dall'immagine simbolica di Hume, con la sua *induzione predittiva*, verso quella di Francis Bacon con la sua *induzione interpretativa*.

Ricordiamo che l'*induzione interpretativa* di Bacon è stata il punto di riferimento fondamentale nell'attività di Darwin; le sue testimonianze biografiche al proposito sono chiare. Occorre ribadirlo perché tutta la *biologia evolutiva* del novecento ha fatto *carte false* per presentare Darwin come uno scienziato *ipotesico deduttivo* di fede popperiana, ignorando clamorosamente le sue testimonianze dirette.

Darwin ci fornisce un esempio di genialità incredibile proprio quando si serve di *schemi antropici* per spiegare determinate scelte evolutive delle *specie* e, soprattutto quando usa *schemi dissipativi* per spiegare, nei casi di *variazioni su piccola scala*, l'indecidibilità tra il fenomeno della *speciazione* e la *generazione di varietà* nei *Mimi* delle *Galapagos*. Infatti, osserva Darwin, nel caso dei *Mimi*, si ha a che fare con la «compensazione» stretta tra le differenti strutture ed una conseguente fluttuazione tra le stesse che ne rende indecidibile la *distinzione*.

Per questo Darwin non fornisce mai una definizione di *specie* per la semplice ragione che, in alternativa, ne fornisce una *definizione implicita* che non è la definizione biologica classica «chiusa». Darwin è come se dicesse: si può dare alle *specie* qualsiasi significato purché sia all'interno del perimetro (provvisorio) segnato dagli *schemi* che sono stati «estratti» a quel momento. E tra gli *schemi*, lo ricordiamo ancora, vi sono quelli *antropici* adatti a spiegare le variazioni su grande scala (il fenomeno dell'*inosculazione* nei due *Nandù* delle *Pampas*) e quelli *dissipativi* adatti a spiegare i fenomeni di *indistinguibilità* tipici delle variazioni su piccola scala.

Si tratta di una *definizione implicita* con un alto grado di flessibilità in quanto «evolve» nella misura in cui altri *schemi* siano estratti, ma soprattutto risulta, più concreta ed esaustiva in quanto «vincola», sulla base degli *schemi* estratti, anche i *comportamenti evolutivi concreti* delle *specie*. Nessuna definizione «chiusa», di tipo predicativo, sul tipo di quelle che vengono proposte dai biologi evuzionisti del Novecento, può avere, nello stesso tempo, la medesima flessibilità e la medesima stringenza operativa!

Infatti, qualsiasi *definizione chiusa*, in primo luogo va fatalmente incontro ad una serie impressionante di controesempi. In secondo luogo, risulta più «povera» in quanto rappresenta una *fotografia statica*. Definizioni di questo tipo non dicono nulla, tanto per rimanere ancora all'interno della genialità darwiniana, dei comportamenti concreti che le *specie tengono* nelle fasi critiche. Bisognerebbe sempre evitare, lo ricordi Forti!, di comprometersi con definizioni predicative «chiuse»!

Se mi consentite vorrei terminare con un auspicio: mi auguro che i giovani ricercatori si impegnino per «costruire» una *epistemologia interpretativa* che, per usare uno *slogan* riepilogativo rispetto a quello che abbiamo detto, renda ragione dell'*energia libera* di *Schrödinger*, ma soprattutto che «rintracci» una nuova sinergia con le «evidenze» che possono essere costruite, in questi contesti, dalla filosofia.

Vorrei ricordare che la frattura tra scienza e filosofia, in certo qual modo, è stata favorita dall'aspetto fortemente algoritmico impresso alla scienza dall'attuale *epistemologia induttiva* (ovviamente con tutte le eccezioni del caso!); al contrario, una *epistemologia interpretativa* richiede un rapporto stretto con la *filosofia*. Rapporto che deve essere recuperato e costruito!