

NOTA A «PARADOSSO 2012/2. FORME DELLA VITA E STATUTI DEL VIVENTE», AA.VV. (27/07/13)

Sul fenomeno «vita»

Giorgio Forti

Voglio qui solo ribadire alcuni concetti sul fenomeno vita, anche per rispondere ad alcune discussioni sorte in seguito a miei commenti su articoli pubblicati su «Paradosso». Anzitutto, il fatto che fisica e chimica sono *riunite* nella struttura macroscopica e microscopica e nelle funzioni tutte dei viventi, compresa quella di riprodursi «fedelmente». Ma la fedeltà non è perfetta: c'è un discostarsi dalla fedeltà assoluta di un «evento informativo» su un miliardo nella riproduzione del DNA, che è *la molecola informativa* della struttura di tutte le proteine, che a loro volta sono gli *effettori* di tutte le funzioni dei viventi, nessuna esclusa. A questa «piccola» infedeltà, che non è un «errore» ma una conseguenza inevitabile delle proprietà di atomi e molecole che operano durante la duplicazione del DNA, è dovuta l'Evoluzione Biologica, intuuta da Lamarck e poi, in modo che *allora* sembrava del tutto diverso e più dettagliato, da Darwin.

Si conosce il meccanismo dettagliato di come si generi, durante la duplicazione del DNA, la possibilità di sostituzione di una base con un'altra nella metà (l'elica nuova) del nuovo DNA: è una questione di cinetica dello «scorrimento» dell'elica («vecchia») del DNA che viene «ricopiato» nella cavità dell'enzima, in rapporto alla cinetica della formazione dei legami covalenti che legano il fosfato del nuovo nucleotide al desossiribosio del nucleotide precedente nell'«elica» che si sta formando. Non si tratta dunque di un «errore» dal punto di vista chimico (le due reazioni possono avere diverse cinetiche secondo le leggi chimiche, e così si genera una variazione nella struttura del «nuovo» DNA rispetto al «vecchio»). Se siete contro l'evoluzione, lo considerate un errore (peggio per voi, comunque è una vostra scelta!), se siete evoluzionisti non potete evitare di esser compiaciuti della logica globale del fenomeno vita, nell'Universo fatto di particelle elementari, atomi, molecole, e... viventi.

I viventi sono fatti di atomi e molecole, come il resto della Terra, con tutte le proprietà che questa loro natura, peraltro senza alternative, impone: rispettando le leggi della meccanica quantistica e *quindi* della termodinamica (si ricordi che il Secondo Principio della termodinamica è in accordo, anzi è basato su, il teorema quantistico dell'equipartizione dell'energia. La formulazione dei principi della termodinamica ha preceduto la meccanica quantistica, ma quando la teoria dei quanti è stata formulata e poi perfezionata, gli scienziati tutti hanno provato una grande pace dell'animo, per la ricongiunzione di fisica e chimica, quindi per l'unità del loro sapere. Allo stesso modo, attraverso gli esperimenti di Pasteur sulle modalità in cui il lievito (e tutti gli altri viventi, si è scoperto poi, ma lui già lo pensava e lo scriveva) si procura l'energia per vivere dall'energia dei legami chimici degli zuccheri con la fermentazione, in assenza di ossigeno, e la respirazione in sua presenza, si sono capite le implicazioni del fatto che la «Vita» è un fenomeno sia chimico che fisico. Tutto della vita è basato sul lavoro chimico nelle cellule di cui siamo fatti: crescita, lavoro meccanico dei muscoli, riproduzione, etc. Anche il pensiero, una caratteristica di questa strana specie che è la nostra: la trasmissione di segnali tra neuroni utilizza l'energia fornita dalla ossidazione respiratoria degli zuccheri e tante altre sostanze, per creare il potenziale elettrico che si osserva (e si misura) attraverso le

membrane delle cellule e di organuli contenuti nelle cellule. La conoscenza dell'enorme complessità delle reti neuronali e delle modalità con cui si selezionano, etc., è ancora agli inizi. Ma sappiamo una cosa fondamentale: quando acquisiamo una «conoscenza», o evochiamo una «memoria», si forma nel nostro cervello un particolare «grafo neuronale», che prima non esisteva, mediante la comunicazione sinaptica tra neuroni. Abbiamo circa 20 miliardi di neuroni nel cervello, ed ognuno di essi può formare circa 10mila contatti sinaptici (certo la formazione di alcuni sopprime la formazione di altri): la nostra capacità di conoscenza sintetica, del linguaggio sintetico-simbolico, di emozionarci etc., è legata a queste strutture, anzi *coincide* con esse. Nel mio articolo sull'ultimo numero di «Nóema»¹ parlo, molto sinteticamente, di queste proprietà dei viventi. E, nel caso della nostra specie, della differenza tra evoluzione biologica affidata alle variazioni nelle strutture dei geni (inclusi quelli che *regolano* l'espressione di altri geni), che contengono il DNA, ed evoluzione culturale, che avviene per la capacità di apprendimento individuale e comunicazione linguistica tra gli individui della specie; e, con la massima efficacia, attraverso tutte le forme di espressione artistica che scavalcano le barriere delle aree linguistiche.

L'evoluzione biologica continua ad avvenire (come pensava anche Nietzsche, e Darwin stesso): ma, mentre l'evoluzione biologica ha come scala dei tempi le decine di migliaia di anni, l'evoluzione culturale, cioè la storia dell'umanità, ha la scala dei tempi di anni, o mesi (un bambino impara a farla nel vasino invece che sul pavimento in pochi mesi, a parlare in circa due anni, a scrivere in 5-6 anni, a farsi nuove idee sul mondo e la società in 15-20 anni, senza dover aspettare mutazioni geniche selezionate dall'ambiente!)

Dovremmo anche chiarire che gli organismi viventi sono sistemi termodinamici aperti *lontani dall'equilibrio*, percorsi da un flusso di materia ed energia, che *dissipano* producendo entropia. In questo non si differenziano da qualsiasi altro sistema: ubbidiscono alle leggi della termodinamica. Ma, *a differenza degli altri sistemi chimici e fisici, i viventi trasformano materia ed energia secondo un proprio progetto interno, ereditato dai genitori e tramite essi dagli antenati più lontani, «scritto» nei geni, nella struttura del DNA sotto forma di sequenza dei nucleotidi che lo costituiscono, che determina la struttura degli «effettori» di tutte le funzioni, le proteine. È questa una caratteristica essenziale per definire la vita, come lo è la arbitrarietà e ridondanza del linguaggio genetico* (analogamente alla arbitrarietà e ridondanza nelle relazioni tra significante e significato del linguaggio parlato nella evoluzione culturale della nostra specie (cfr. de Saussure).

I viventi sono distinti in Specie, e il sapere come questa suddivisione sia avvenuta e su cosa sia basata è importante se si vuole filosofare sull'Evoluzione delle forme viventi (“forme” o “specie”?)

Due cavalli sono della stessa specie, come lo sono due umani, due querce, due platani, due merluzzi: anche se gli umani hanno aspetto e «prestazioni» molto diverse tra loro, querce e platani sono assai diversi tra loro, così come sono diversi l'uno dall'altro due merluzzi, etc. Ma allora cos'è una specie?

Ripeterò qui una proposta (non è mia) di espressione di quel che intendiamo per specie: «la Specie è *l'insieme* degli individui interfertili, che per fecon-

¹ G.Forti, *La teoria dell'Evoluzione nella cultura moderna: evoluzione biologica ed evoluzione culturale*, in "Nóema", <http://riviste.unimi.it/index.php/noema>, 3 (2012): Ricerche, "Filosofia e scienze - Biologia", pp.35-48.

dazione generano individui anch'essi interfertili, simili ai genitori nelle caratteristiche anatomiche e funzionali generali». Sottolineo *insieme* per mettere in evidenza che si tratta del concetto matematico di «insieme» (l'insieme dei numeri primi, l'insieme dei triangoli che comprende il sottoinsieme dei triangoli rettangoli, etc). Questa concezione, che non è rigorosamente una definizione e prevede la variabilità intraspecifica di cui abbiamo oggi la spiegazione genetica, non è diversa da quanto Darwin pensava. Operativamente, ci consente di stabilire che dal connubio di gatto e gatta non ci si può aspettare la nascita di un elefantino. Mentre, adottando certe modernissime disquisizioni «oratorie», non so se si arriverebbe *inequivocabilmente* alla stessa conclusione, che mi pare buona e vera e persino utile.

Nel mio breve scritto su Nómoa ho parlato della formazione di nuove specie: non sto qui a ripetermi. Così vi ho parlato dell'epigenesi e dell'eredità epigenetica, facendo esempi in animali superiori, incluso *H. sapiens*; indicando anche alcune rassegne recenti, che forse alcuni di voi non conoscono, ma sono importanti per aggiornare al nostro tempo certe idee sull'evoluzione, e sulla scomparsa ormai definitiva dell'antinomia (assoluta fino a 20 anni orsono) tra Darwin e Lamarck. Della bibliografia che trovate nel mio articolo su Nómoa vi segnalo, come pertinente a questo riguardo, la ref 4) (Jablonka and Raz), e quella al mio omonimo Guido Forti (6). Solo in quest'ultima trovate la originale discussione sulla *arbitrarietà* e *ridondanza* nel linguaggio genetico, analoghe a quelle del linguaggio sintetico simbolico proprio, ed unico, della nostra specie². Si tratta di molto più di un'analogia: non è stato compreso dai biologi perché moltissimi di loro non sono esperti di linguistica moderna (né di linguistica *tout court*: S. Agostino ne sapeva molto di più!), ed anche perché la Rivista su cui è pubblicato, *Scientia*, diretta da Geymonat, Caldirola e Tonzig, non esiste più da molti anni ormai, e Guido Forti è morto nel 1982, a 49 anni. Ma per i milanesi dovrebbe essere facile ritrovare l'articolo in biblioteca universitaria, ed anche per chiunque altro voglia cercarlo.

Il nocciolo della questione è questo: nel linguaggio genetico, la posizione di *ogni* aminoacido in *ogni* proteina è determinata dalla posizione di tre basi nel DNA (nel caso dei retrovirus, come quello dell'AIDS, il genoma è costituito dall'RNA e non dal DNA, ma la corrispondenza lineare non cambia). Nel DNA (e RNA) esistono quattro basi A (adenina), T (timina), C (citosina) e G (guanina). Siccome nelle proteine ci sono 20 aminoacidi, ovviamente non può esserci una corrispondenza 1/1, e neppure 2/1 (con il calcolo combinatorio si trova che il numero delle coppie che potete fare con 4 elementi è 4² cioè 16). Occorre dunque una *tripletta* di tre basi, e sono possibile 64 triplette, **ridondanti** per i 20 aminoacidi: di fatto è stato sperimentalmente dimostrato che una tripletta di basi «codifica» un aminoacido, due triplette codificano la sequenza di due aminoacidi, una sequenza di 300 aminoacidi (come si ha in una proteina medio-piccola) è codificata da una sequenza di 900 basi nel DNA che costituisce il *gene* di quella proteina. Per ogni aminoacido esistono più triplette, che vengono generalmente dette «sinonimiche»; ogni tripletta tuttavia codifica per uno ed un solo aminoacido. Alcuni, compreso un premio Nobel, hanno detto che il «codice» (termine assolutamente sbagliato: è un *linguaggio* e non un codice!) è «degenerato» prendendo questo improprio termine dal linguaggio dei fisici che parlano di orbitali «degenerati» degli elettroni. Il termine esatto è «ridon-

² F. De Saussure, *Cours de Linguistique Générale*, Payot, Paris 1922.

dante», analogamente al rapporto tra «significante» e «significato» nel linguaggio parlato. Nella chimica (biochimica, biologia molecolare: sempre la chimica che spiega la natura del legame chimico tra atomi) dei rapporti tra *significante* (la tripletta di basi del DNA) e l'aminoacido codificato (il *significato*) non vi è alcuna *affinità chimica* tra i due: il loro rapporto è **arbitrario**. C'è un mediatore (il tRNA) che li adatta, e ci sono più tRNA per ogni aminoacido, che vengono «riconosciuti» da proteine enzimatiche specifiche: per ogni aminoacido vi è dunque una *ridondanza* di proteine enzimatiche specifiche che lo legano ad un tRNA specifico. Questi fatti sono il risultato, ormai stabilito meglio della forza di gravità, del lavoro svolto tra gli anni '60 e '80 del XX secolo. Si trovano su ogni buon manuale di biochimica o biologia molecolare (con questo ultimo termine si intende la biochimica di acidi nucleici e proteine).

Non si debbono dimenticare altre due cose della massima importanza per la «filosofia» del sistema Vita:

1) le attività chimiche delle proteine dipendono dalla loro struttura tridimensionale: e questa è legata alla sequenza degli aminoacidi, tuttavia con una certa *ridondanza* nei rapporti tra struttura e funzione: in certi tratti della molecola proteica la presenza di diversi tra i 20 aminoacidi è tollerata senza alterazione della struttura tridimensionale e della funzione della proteina; in altri tratti la sostituzione anche di un solo aminoacido porta alla perdita della funzione. In questo caso, la *mutazione* del DNA è letale, e l'individuo che l'ha subita viene eliminato dalla selezione naturale, se la funzione di quella particolare proteina è una funzione indispensabile alla vita nell'ambiente dato.

2) per la sopravvivenza e l'adattamento all'ambiente (oggi bisogna includere in questi termini lo sviluppo embrionale, l'epigenesi e l'eredità della medesima), diverse funzioni possono essere sostituite da altre (*ridondanza* di funzioni che consentono l'adattamento). Senza le sue caratteristiche di *ridondanza ed arbitrarietà* nel significato detto sopra, e meglio nella ref. a Guido Forti citata, non è possibile capire come l'Evoluzione, quale l'ha concepita Darwin, sia libera ed imprevedibile, così come (*quasi* quanto) lo è l'evoluzione del pensiero umano e della Storia delle società umane. Questa mia asserzione è basata su quanto detto sopra e nel mio articolo, ma è ovvio che ognuno può pensare diversamente: come filosofo, tuttavia, è tenuto ad argomentare logicamente il suo pensiero. E come filosofo della Natura è anche tenuto, spero siate d'accordo, a proporre osservazioni ed esperimenti che provino che il suo pensiero trova riscontro nei «fatti». Così come, ma in modo meno drammatico si spera, la solidità delle teorie sulla struttura del nucleo atomico hanno trovato tragica conferma nelle bombe di Hiroshima e Nagasaki.

In ogni caso, anche i geni che *regolano* l'espressione di altri geni (in risposta a stimoli esterni o interni) sono *geni*, le cui proprietà dipendono dalle proprietà chimico-fisiche del DNA: legami covalenti (forti) e legami di Idrogeno (deboli). La scoperta dei geni regolatori nei batteri risale agli anni '50, ed è dovuta a Monod e collaboratori.

Dunque, la nozione di *gene* rimane essenziale a render comprensibile informazione biologica, eredità ed Evoluzione Biologica, perché rende precisa ed universale la versatilità di trasmissione dell'informazione ereditaria, e le sue conseguenze nella struttura dei viventi e la sua storia evolutiva. In opposizione a questo, rimane la descrizione della Vita e della sua evoluzione in una forma oratoria che sarebbe forse apprezzata da un Benedetto Croce redivivo, ma nul-

la serve a render comprensibile il mondo della natura, e noi stessi che ne facciamo parte.

Aggiungo qui due indicazioni bibliografiche che potrebbero esser utili:

Danchin, E., Charmantier A., *et al.* (2011). *Beyond DNA: integrating inclusive inheritance into an extended theory of evolution.* Nature Reviews – Genetics, Vol. 12, Jul. 2011, p.475.

Wagner, G.P. and Müller, G.B. (2002). *Evolutionary innovations overcome ancestral constraints: a re-examination of character evolution in male sepsid flies (Diptera: Sepsidae),* Evolution & Development, 4:1, 2002, pp.1–6.

Da aggiungersi agli altri riferimenti citati nel mio articolo:

1) Luria, S.E. and Delbruck, M. (1943). *Mutation of bacteria from virus sensitivity to virus resistance.* Genetics 28, pp.491-511.

2) Cairns, J., Overbaugh, J. and Miller, S.(1988). *The origin of mutants.* Nature 335, pp.142-145.

3) Roth, J R, E., Kugelberg, Reams, A.B, Kofoid, E and Andersson, D.I. (2006). *Origin of Mutations Under Selection: The Adaptive Mutation Controversy.* Annu.Rev.Microbiol.60, pp.477-501.

4) Jablonka, E. and Raz, G. (2009). *Transgenerational Epigenetic Inheritance: Prevalence, Mechanisms And Implications For The Study Of Heredity And Evolution.* The Quarterly Rev. Of Biology, 84 No 2, pp.131-176.

5) Edelman, G.M. (1989). *The Remembered Present.* Basic Books, New-York.

6) Forti, Guido (1977). *Structure and Evolution of Language and of Living Organisms.* Scientia, 112 (Scientia Editrice, Milano), pp.55-68.

.