

Relazione e interazione delle parti in un sistema complesso

Le ricerche del genetista Richard Charles Lewontin

Lisa Halfon*

Sunto: *Le ricerche del genetista Richard C. Lewontin dimostrano che è la continua trasformazione delle parti di un essere vivente a garantire la vita. Ogni organismo è dotato di una diversa sensibilità interna: un punto cruciale per il suo sviluppo e futura morfogenesi. C'è un rischio celato nella continua riduzione del sistema a dei parametri: mettere da parte l'intima e continua relazione e interazione delle parti con il sistema osservato. Secondo Lewontin la vita dell'essere vivente (al di là del suo genoma) è il frutto di una storia unica e irripetibile di vincoli, contingenze, elementi casuali che è possibile analizzare a posteriori, solo dopo che questi abbiano dispiegato la propria natura.*

Parole Chiave: interazione, variabilità, diversità, ambiente, genetica delle popolazioni.

Abstract: *The geneticist Richard C. Lewontin shows that it is the continuing transformation of parts of a living being to ensure life. Every organism has a different internal sensitivity: a crucial point for its future development and morphogenesis. There is a risk concealed in the continued reduction of the system parameter: set aside the intimate and continuous relationship and interaction of the parties with the observed system. According to Lewontin the living being life (beyond its genome) is the result of a unique and unrepeatable story of constraints, contingencies, random elements that can be analyzed retrospectively, only after they have deployed their own nature.*

Keyword: interaction, variability, diversity, environment, population genetics.

Citazione: Halfon L., *Relazione e interazione delle parti in un sistema complesso*, «ArteScienza», Anno III, N. 6, pp. 291-322.

* Laureata in Filosofia della Conoscenza con specializzazione in Comunicazione, Scienza e Politica ; lisa.halfon@gmail.com.

1 - Richard Charles Lewontin: il suo tempo

«Scienziato non è colui che sa dare le giuste risposte, ma colui che sa porre le giuste domande», era quanto affermava - poco meno di cento anni fa - l'antropologo francese Claude Lévi-Strauss.

La definizione ci invita a percepire la natura della ricerca e della divulgazione scientifica del genetista di popolazioni Richard Charles Lewontin.

Il suo lavoro, svolto con costanza e forte determinazione, ha portato a una valida alternativa scientifica rispetto al "riduzionismo" presente nel panorama accademico negli Stati Uniti, a partire dagli anni '70-'80. Momento storico-scientifico in cui la diffusione e il successo di particolari opere divulgative come *Sociobiology* di Edward O. Wilson e *The Selfish Gene* di Richard Dawkins ne sono una dimostrazione. Allontanandosi dalla loro radicale considerazione meccanicistica della realtà, Lewontin afferma che seppure ogni ambiente, definito da molteplici caratteristiche, rimanga coinvolto nello sviluppo dell'organismo, ogni essere vivente è a sua volta in grado di modificare le sue specifiche peculiarità, in modo sia attivo sia passivo. Questo ragionamento richiede pertanto un'apertura semantica dei concetti di ambiente esterno e interno agli organismi.

La biologia ha saputo dimostrare, di poter andare al di là dei vincoli strutturali presenti in ogni vivente, essendo capace di attivare (o silenziare) le molteplici regolazioni cellulari e citoplasmatiche proprie dei viventi. Lewontin parla della presenza di una sensibilità individuale rilevabile, dai particolari gradienti (intesi come "soglie") esterni (legati alla variabilità e casualità delle inflessioni ambientali) e interni (omeostasi, metabolismo) all'organismo che è l'oggetto di ricerca.¹ Decisiva è stata per Lewontin la sua lunga attività di

1 Anche altri genetisti di popolazioni prima di Lewontin, hanno trattato alcuni aspetti di quest'argomento, come nel caso di Theodosius Dobzhansky (maestro di Lewontin) occupatosi di come il meccanismo dell'isolamento geografico delle popolazioni (quindi come causa esterna di differenziazione) e riproduttivo (legato ai meccanismi genetici e fisiologici della biologia organica) delle stesse, potesse essere alla base della loro variabilità interspecifica. Grazie all'elettroforesi su gel Lewontin ha potuto quantificare il tasso di questa variabilità; cogliendo l'importanza di un "rumore dello sviluppo" intercellulare e della variazione interallelica all'interno del genoma.

laboratorio nell'ambito della genetica di popolazioni. Esperienza che gli ha permesso di cogliere l'importanza evolutiva dell'isolamento geografico². Quest'ultimo, nel caso di piccole popolazioni, partendo dalla teoria della deriva genetica di Sewall Wright del 1931,³ potrebbe rendere le fluttuazioni aleatorie degli alleli alquanto decisive per la formazione e il mantenimento generazionale delle specie.



Fig. 1 - Richard Charles Lewontin.

Si deve proprio alla collaborazione tra Lewontin e Theodosius Dobzhansky un'importante scoperta scientifica.⁴ Varie popolazioni di una sola specie mostrano di avere un inaspettato e ampio polimorfismo genetico nel corso del loro sviluppo. Tale assunto si nota dai dati registrati nel corso dei suoi numerosi esperimenti genetici (svolti sulla *Drosophila Melanogaster*). Tale aspetto sarà confermato dal calcolo della variabilità della frequenza allelica, presente nelle varie tipologie dei gruppi sanguigni umani.

Le analisi di Lewontin lasciano trasparire un'attenzione costante sul come e sul perché in una popolazione di organismi viventi sia possibile trovare un'elevata percentuale di variabilità genetica, oltre un suo apparente monomorfismo. In *Gene, organismo e ambiente*⁵ Lewontin tenterà di problematizzare i concetti di variazione e di ereditarietà biologica, inquadrandoli in maniera critica, sia da un punto di vista filosofico sia ritagliandone la cornice metodologica scientifica vera e propria. Il suo percorso logico conduce spesso a una serie di ragionamenti complessi che costituiscono il sostrato delle sue analisi

2 Noto anche come allopatrico.

3 Cfr. Wright, S., 1931, *Evolution in Mendelian population*, «Genetics» No. 16: 97-159; e Wright, S. Th. Dobzhansky and W. Hovanitz, 1942, *Genetics of natural population*, VII. *The allelism of lethals in the third chromosome of Drosophila pseudoobscura*, «Genetics» No. 27: 363-394.

4 Lewontin, R. C. e J. L. Hubby, 1966, *A Molecular Approach to the Study of genic Heterozygosity in Natural Population*, II. *Amount of Variation and Degree of Heterozygosity in Natural Populations in Drosophila pseudoobscura*, «Genetics», 54: 595-609.

5 Lewontin R., *Gene, organismo e ambiente*, Bari, Laterza 1998, tr. it. di Bruna Cortella.

genetiche. Analisi condotte per lo più in laboratorio, ricorrendo alla tecnica dell'elettroforesi su gel,⁶ che gli ha permesso di analizzare i livelli della variazione genetica in ogni singolo individuo.

I suoi dati di laboratorio dimostrano la presenza di un alto livello di polimorfismo genetico, sia fra i membri di un'unica popolazione sia fra quelli di popolazioni diverse. Ed è interessante evidenziare come il più alto tasso di polimorfismi si presenti proprio tra membri di una stessa etnia o "razza biologica", piuttosto che tra razze diverse.

All'interno di questo contesto analitico, per Lewontin il ruolo dell'ambiente mantiene un'importanza primaria. È l'ambiente che permette di rafforzare i legami complementari, capaci di stabilire un equilibrio nell'iter di sviluppo di ogni vivente.⁷ Il concetto di "adattamento" dovrebbe essere inquadrato più come una "trasduzione". Infatti, l'organismo è capace di convertire un particolare stimolo esterno in una specifica risposta cellulare. Ciò è possibile per via di una sua diversa sensibilità organica agli stress e alle condizioni presentate dall'ambiente, senza tralasciare i legami diversi che egli instaura con i viventi presenti nella sua nicchia ecologica. Una "causa" di sopravvivenza e di riproduzione differenziale, anche se non per forza dettata dalla lotta per l'esistenza, potrà condurre, quasi certamente, a una qualche forma di evoluzione.

Tuttavia, il punto da evidenziare è che quest'ultima non deve

6 L'elettroforesi su gel ora è una delle metodologie principali proprie della biologia molecolare. Il suo principio di base sta nella possibilità di separare DNA, RNA e proteine sfruttando un campo elettrico. Per esempio con l'elettroforesi su gel di agarosio, si possono separare acidi nucleici in base alle dimensioni. Inoltre, le stesse proteine possono essere separate in base alle dimensioni o in base alla carica elettrica (in quest'ultimo caso si parla di gel isoelettrico) usando un gel di poliacrilammide (eventualmente in presenza di sodio dodecilsolfato).

7 Come si evince dalle sue parole: «L'ereditarietà di un carattere misura unicamente la proporzione di variazione fra i soggetti che è causata dalla variazione dei loro geni nel presente ventaglio di ambienti e per quello specifico carattere. Di conseguenza, la stima dell'ereditarietà di una determinata caratteristica non ha valore predittivo o programmatico. La sua ereditarietà nelle presenti circostanze non contiene informazioni su quella caratteristica in circostanze future (o passate), né è di alcuna utilità per stilare programmi d'intervento». Cfr. Lewontin R., *Il sogno del genoma umano e altre illusioni della scienza*, Roma-Bari, Laterza, 2002, p. 32. Inoltre, in molti dei casi monitorati in laboratorio un'elevata variabilità genotipica, non è correlabile con la presenza di una certa fitness biologica dell'organismo che si analizza.

per forza “adattarsi” a raggiungere un fine specifico e “delimitato”.

Lewontin sostiene che l'essere vivente, nel momento in cui interagisce con il mondo esterno (e viceversa) in maniera continua, è capace di incorporare in sé nuovo materiale ed energia. Nell'instaurare e perpetuare questo legame, organismo e ambiente hanno modo di svilupparsi modificando le proprie caratteristiche, definite anche dal rumore dello sviluppo,⁸ intessendo molteplici legami con altri organismi che entrano in gioco in questo processo interattivo, ampliando così i luoghi, e le attività da eseguire e perpetuare) anche a seguito delle modifiche dell'ambiente.

Se, per esempio, è difficile ridurre lo sviluppo delle setole sotto le ali di un moscerino a un unico fattore, sarà a maggior ragione pressoché impossibile ridurre l'uomo, la sua fisiologia e i suoi comportamenti (coscienti e non) a un unico processo.

Il carattere dinamico (e non sempre fedele a una logica di causa-effetto) di ogni vivente, “parla” e si fa conoscere proprio attraverso il suo materialismo dialettico. Lewontin afferma che, mentre è possibile dedurre il comportamento di ogni singolo elemento secondo quello dell'insieme, non esiste invece un semplice modello di previsione che permetta di inferire un comportamento complessivo da quello dei singoli elementi. Se il sistema non è lineare, ne deriva che esso potrebbe essere molto sensibile anche a minime variazioni ambientali. Ciò potrebbe far apparire l'insieme caotico, anche nel caso in cui esso si comporti in maniera deterministica.

Riconoscendo l'esistenza di una “gerarchia” organica, si può intuire qualcosa delle specie biologiche che si trovano a occupare le posizioni dei gradini superiori. Eppure l'atto di riconoscere la presenza di una straordinaria varietà (e complessità) di microorganismi che conducono i loro cicli vitali nelle posizioni dei livelli inferiori, ancora non consente agli addetti ai lavori (almeno ad oggi) di dedurre appieno le proprietà dei sistemi più complessi.

8 Per rumore dello sviluppo si vuole intendere l'insieme delle variazioni statistiche e casuali nella distribuzione delle sostanze all'interno di una cellula o sulla superficie di essa. Questo concetto può essere responsabile di gran parte della variazione fenotipica osservata fra individui di una stessa popolazione, essendo indipendente da cause ambientali “esterne”.

2 - Evoluzione e cicli dinamici nella genetica di popolazioni

Ora è importante fare una breve digressione sulla storia personale e accademica dello scienziato. Richard Charles Lewontin nasce, studia e inizia il suo lavoro nella città di New York.⁹ Avvia il suo dottorato come allievo di Theodosius Dobzhansky (1900-1975), uno degli artefici della teoria sintetica fra biologia dell'evoluzione e genetica di popolazione.¹⁰ Una volta discusso il proprio lavoro di ricerca, è selezionato per portare avanti una collaborazione con l'Università statale della Carolina del Nord. In seguito ottiene una borsa di ricerca come zoologo nelle Università di Rochester e di Chicago. Egli dirige nelle rispettive accademie il programma di biologia evoluzionistica dal 1968 al 1973. Nel decennio che va dal 1960 al 1970 la sua fama scien-



Fig. 2 - Theodosius Dobzhansky (1900-1975).

tifica e accademica inizia a consolidarsi anche oltreoceano, anche grazie a una lunga serie di ricerche sperimentali portate avanti nell'ambito della genetica di popolazioni, principalmente incentrate sullo sviluppo delle molecole derivate dall'interazione di proteine e acidi nucleici nel DNA di vari organismi semplici. Le sue ricerche sperimentali si avvalgono dell'uso dell'elettroforesi su gel per studiare l'influenza degli enzimi polimorfici nelle future trame dell'evoluzione degli esseri viventi.¹¹

9 Città in cui frequenta la Forest Hills High School e in seguito l'École Libre des Hautes Études sempre nella stessa città. Nel 1951 ottiene la sua laurea in biologia, conseguita presso l'Università di Harvard. Nel 1952 continua i suoi studi superiori, portando egregiamente a compimento un master in statistica matematica, a cui farà seguire subito dopo un dottorato in zoologia; quest'ultimo risale al 1954 nella Columbia University.

10 Nel 1937 Dobzhansky pubblica una delle sue opere maggiori sulla sintesi evoluzionistica moderna, *trait d'union* fra la biologia dell'evoluzione e la genetica, intitolata *Genetics and the Origin of Species*. L'opera sottolinea come l'evoluzione sia "una variazione nelle sequenze di un allele presente in un insieme di geni". La sua ricerca ha avuto il pregio di diffondere nel panorama scientifico l'idea che la selezione naturale operi attraverso mutazioni genetiche.

11 «La sostituzione di un allele "vecchio" con un allele "nuovo" costituisce il processo elementare dell'evoluzione: l'integrazione di questi processi elementari estesa a tutti i geni

L'articolo scritto nel 1966 con il collega genetista John Lee "Jack" Hubby (1932-1996) ha presentato al panorama scientifico dell'epoca delle novità importanti relative a quest'ambito sperimentale. Di fatto, è stato in grado di segnare una svolta nell'analisi della variabilità molecolare presente fra organismi diversi, ma pur sempre afferenti alla stessa specie biologica.¹²

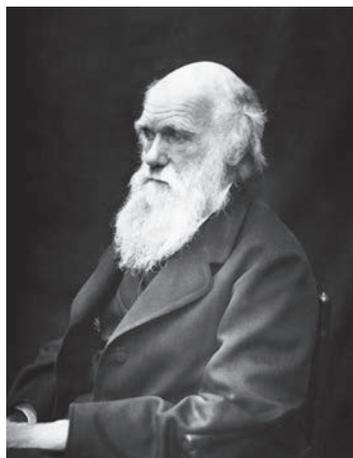
Non meraviglierà che Lewontin sia dell'idea che le vere unità dell'evoluzione biologica siano proprio i cicli della vita, ovvero l'insieme delle relazioni complesse presenti in ogni realtà biologica; intorno alle quali possibili astrazioni personali rischiano di creare fallacie nel ragionamento logico. Un approccio scientifico e dialettico dedicato all'osservazione complessa dei processi biologici¹³ che sono alla base dell'evoluzione, potrebbe essere inteso come un buon "vaccino" a un'eventuale "influenza" di astrazioni.

Avendo come costante punto di riferimento quanto presentato nei testi e manoscritti di Charles Darwin, Lewontin ha saputo introdurci all'analisi delle interpenetrazioni. Queste sono "connessioni"

da una generazione all'altra determina un cambiamento graduale, molto lento nel tempo, della struttura genetica di una popolazione. La maggior parte delle mutazioni avviene in geni differenti, ma nel tempo lo stesso gene può mutare più volte. Così possono coesistere nella stessa popolazione molti alleli dello stesso gene: si dice allora che il gene è polimorfico, oppure che è presente un polimorfismo. I geni che controllano le malattie ereditarie sono polimorfici, perché esistono comunemente due alleli dello stesso gene: quello che genera la malattia, poco frequente, e quello comune o "normale", presente nell'individuo che non manifesta la malattia. Esistono tuttavia anche polimorfismi non associati alla manifestazione di una malattia, di alcuni dei quali è ignota la funzione: questi vengono chiamati operativamente (fino a prova del contrario) polimorfismi neutri, e sono quelli che vengono usati di solito per ricostruire la variabilità genetica tra individui e/o tra popolazioni». Definizione tratta da *Genetica*, Enciclopedia del Novecento - "Il Supplemento" - (1998) a cura di M. Siniscalco, J. Beckwith, A. Piazza.

12 Cfr. Lewontin, R. C., Hubby J. L., *A molecular approach to the study of genic heterozygosity in natural population*; Lewontin, R. C., Hubby J. L., *Amount of variation and degree of heterozygosity in natural population of *Drosophila Pseudoobscura**, «Genetics», 1966 August, 54 (2): 595-609.

13 Si ricordano i due principali problemi legati al concetto di riproduzione, riferita alla teoria della pangenesi (secondo cui ogni cellula del corpo fornisce materiale ereditario alle cellule germinali) e il dibattito tra preformismo ed epigenesi. Questi argomenti sono parte sia delle riflessioni di Aristotele sia dello stesso Darwin. Oggetto d'interesse non sono solo le cause materiali del vivente (i suoi elementi biochimici) e le cause efficienti (la selezione naturale operante su varianti genetiche) ma anche a cause formali (perché un cane è un cane ed è capace di generare altri cani?) e le cause finali (a cosa servono gli occhi?). Proprio intorno a quest'ultima categoria iniziano i veri problemi filosofici su cui Lewontin desidera riflettere.



**Fig. 3 - Charles Darwin
(1809-1882).**

presenti (dominate a volte dalla contingenza) fra l'organismo, l'ambiente naturale e il rumore evolutivo.¹⁴ Quest'ultimo è sia interno sia esterno alle sue cellule di ciascun vivente. L'organismo non si crea solo con le "istruzioni per l'uso" presenti nel DNA. Oltre l'informazione genetica presente nel suo genoma, l'organismo è da intendersi come un prodotto unico di interazioni e di influenze reciproche fra i fattori. Richiamando ancora una volta l'evoluzionismo darwiniano, è proprio la combinazione della selezione naturale con gli eventi "storici" (e complessi), in grado di compiere diverse interazioni variabili, ad aver dato origine a ciascuna

specie. Sono tali processi, nella loro interezza che ne definiscono l'esclusività. Lewontin ritiene che le forze esterne che sono incluse, in maniera arbitraria, nella comune nozione di ambiente dovrebbero anche essere intese come elementi conseguenti alle varie attività dell'organismo. Ogni vivente dotato di metabolismo produce e consuma, in maniera continua, diverse risorse che sono necessarie alla sua sopravvivenza. È da questo punto che si sviluppa il centro nevralgico della filosofia di Lewontin: le capacità interne degli organismi mostrano, con la loro complessità ed efficienza, di essere potenzialmente variabili. La variabilità è una caratteristica primaria di corpi viventi che non si subordinano alle risorse del mondo in cui si sviluppano e che, con le loro azioni e costanti attività, creano nuove risorse, modificandone le preesistenti.

¹⁴ Vi sono occasioni in cui una cellula è in grado di modificarsi. Il fenomeno è dovuto al "rumore di fondo", ovvero fluttuazioni casuali nell'ambiente cellulare che attivano o disattivano il gene. Qualunque sia la causa dell'attivazione di quest'ultimo, finché la quantità della sua proteina non si abbassa troppo, esso è destinato a rimanere attivo dopo la divisione cellulare. L'ereditarietà dello stato attivo o inattivo è semplicemente la conseguenza automatica di una divisione cellulare più o meno simmetrica. Cfr. Jablonka E., Lamb M. J., *L'evoluzione in quattro dimensioni; variazione genetica, epigenetica, comportamentale e simbolica nella storia della vita*, Torino, UTET, 2007.

I viventi non seguono in modo univoco determinate regole - né obiettivi - da raggiungere secondo l'ordine di una progressione ascendente. Essi non vivono unicamente in un mondo già dato e immune dal cambiamento: al contrario lo creano e lo modificano (così come sono in grado di distruggerlo) direttamente con le loro attività e le loro peculiarità fisiologiche e strutturali. Le "forze interne" all'organismo non devono essere pensate come un *unicum* pienamente autonomo, perché la loro azione interna e funzionale è correlata anche alle variabili ambientali.



Fig. 4 - Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829).

Secondo queste caratteristiche che procedono secondo i principi di una dialettica, le continue e diverse relazioni che si possono e che si devono presentare tra esseri viventi, avranno così modo di avvicinarsi, e lasciare che i cicli della vita seguano i loro naturali e diversi mutamenti

3 - Charles Darwin: il rivoluzionario della biologia

Richard Charles Lewontin, che eleva la diversità biologica a caposaldo del suo ragionamento, riconosce a Charles Darwin di aver operato una vera e propria rivoluzione gnoseologica in biologia, avendo saputo oltrepassare la teoria trasformazionale dello zoologo evoluzionista Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829), allora ampiamente diffusa. Quest'ultimo era dell'idea che le specie viventi potessero evolversi grazie alla trasformazione delle proprie membra (dipesa dalla propria volontà e dal proprio sforzo interno - o *élan vital*) al fine di far fronte a nuove esigenze ambientali. Al contrario Darwin riconobbe che ciò che permette l'evoluzione delle specie è quanto s'inquadra con la mutazione fenotipica.¹⁵ Quest'ultima poteva andare

¹⁵ Si deve al lavoro di Gregor Johann Mendel (1822-1884) lo studio e l'analisi sistematica delle modalità di trasmissione dei caratteri ereditari. Mendel nel corso dei suoi esperimenti

ben oltre un ragionamento incentrato esclusivamente sull'ereditarietà fissa di caratteri specie-specifici.¹⁶

Una mutazione si poteva manifestare anche sui caratteri della specie, in modo indipendente, e casuale, rispetto a ciò che sarebbe stato l'esito finale. Del resto, come ricorda Lewontin, è attraverso il successivo processo della selezione naturale che alcune tipologie biologiche sono in grado di resistere alle avversità esterne riproducendosi con successo (ovvero lasciando in vita i propri discendenti), mentre altrettante scompaiono.

La teoria di Darwin, al contrario di quella di Lamarck, rivela che è proprio l'unione della selezione naturale con la trasmissione ereditaria, che essendo "imperfetta" operando mutazioni casuali che saranno ereditabili, diventa il presupposto iniziale dell'evoluzione.

Il punto da evidenziare è che tutti gli organismi viventi cambiano continuamente. Essi operano - e sono a loro volta oggetto di

con le piante di pisello da orto (*Pisum Sativum*) prese in considerazione sei caratteri: forma del seme, colore del seme, forma del baccello, colore del baccello, colore del fiore e posizione del fiore. Per rappresentare i fattori ereditari dei quali aveva ipotizzato l'esistenza, Mendel scelse dei simboli che gli permisero di descrivere il fenomeno dell'ereditarietà in modo chiaro e conciso, così tale da analizzare analiticamente i risultati degli incroci. I simboli scelti rappresentano i geni (o meglio, i loro alleli) e sono alla base della genetica formale. Si prendano d'esempio le due linee pure della pianta di pisello da orto: alta e nana, dove vi è un'omozigosi per diversi alleli di un gene che controlla l'altezza. L'allele recessivo *d* controlla l'altezza ridotta, mentre l'allele *D* viene definito dominante. Ne deriva che le linee pure di pisello, alte e nane, saranno rispettivamente indicate con *DD* e *dd*. Il genotipo definisce questa peculiarità, vale a dire la costituzione allelica della pianta. Mentre l'aspetto di ogni linea, ovvero la sua forma - alta o nana - viene definita fenotipo. In genetica, di solito, la lettera scelta per indicare l'allele di un gene è l'iniziale della parola inglese che ne descrive il carattere recessivo. Nell'esempio riportato la *d* deriva da *dwarfness*, che significa per l'appunto nanismo.

16 Darwin non era allora a conoscenza di ciò che noi invece sappiamo oggi, grazie al procedere della biologia genetica: con il termine "mutazione" si vuole intendere ogni cambiamento nella sequenza nucleotidica del DNA, capace di esercitare un'influenza sul fenotipo. Nello specifico, è possibile classificare le mutazioni in base alla loro origine: mutazioni spontanee (insorgono in assenza di agenti mutageni) o indotte (dovute ad antigeni chimici, fisici o biologici). In base alla sede: mutazioni germinali (colpiscono i gameti e possono essere trasmesse alla prole) o somatiche (colpiscono le cellule somatiche e non vengono trasmesse alla prole). Bisogna dire anche che le mutazioni possono avere un preciso effetto funzionale sul fenotipo. In tal caso la mutazione può essere letale (l'organismo che ne è colpito o muore prima di aver raggiunto l'età riproduttiva o se la raggiunge, non sarà pienamente in grado di riprodursi), sub letale o deleteria, neutra (se non si conosce il suo effetto di possibile danno o vantaggio genetico), oppure ancora vantaggiosa.

- queste molteplici trasformazioni seguendo percorsi differenti. In questa gara per la sopravvivenza, la loro intima e mutua capacità è di acquisire nel tempo alcune capacità diverse, intese anche come migliori o peggiori.

Di solito i nuovi tratti insorti da una variabilità hanno modo di mutare la loro morfologia, ed essa può così diventare più o meno complessa rispetto all'esemplare precedente.

Tuttavia, questa è un'osservazione secondaria rispetto a quanto è stato continuamente evidenziato, e reso esplicito dagli studi condotti da Darwin. Anche perché assumendo che tutti i partecipanti alla competizione biologica possono cambiare, nessuno di loro diventa necessariamente migliore - o peggiore - di un altro nella continua lotta per la sopravvivenza. Poco importa quali caratteristiche abbiano l'atto o l'elemento che potrebbe determinare la sopravvivenza - e la riproduzione differenziale - dell'organismo. Anche se esso non è correlabile in modo diretto all'idea di lotta per l'esistenza, potrebbe comunque dar luogo a una qualche evoluzione. Da ciò deriva che l'adattamento della specie (seppur legato in maniera ricorsiva alla selezione naturale) secondo Darwin è un effetto secondario dell'evoluzione, e non l'elemento primario - e assoluto - contingente alla sua origine.¹⁷

Lewontin evidenzia come la teoria mutazionale di Darwin abbia potuto elevare a uno status prioritario l'elemento della variazione contingente, che ha poi assunto un ruolo fondamentale nella de-

17 Proprio Lewontin riconosce che la ricerca di Darwin ha determinato un'autentica rivoluzione per la storia della scienza «al di là di qualche ambiguità e alcuni ripensamenti teorici dell'autore sull'argomento, affioranti da alcune differenze presenti tra i suoi scritti giovanili, e le sue opere e lettere dell'età adulta». Cfr. Lewontin R., *Gene, organismo e ambiente*, Roma-Bari, Laterza, 2002, pp. 51-52. Oltre questo punto, manifesto di un vero e proprio studio pionieristico, è bene dire in che cosa consiste il focus dell'innovazione (sia empirica che deduttiva) operata da Darwin. Lewontin ci dà qualche indizio: questo punto cruciale per la biologia, non è racchiuso nell'idea di evoluzione e nemmeno nell'invenzione della selezione naturale, come spiegazione della variabilità. L'innovazione principale operata da Darwin non consistette nemmeno nell'introdurre un modello mutazionale del processo storico, in sostituzione del consueto schema tradizionale. Fu l'invenzione del modello mutazionale la notevole conquista intellettuale di Darwin che rappresentò una vera frattura epistemologica, poiché trasferì il locus dell'azione storica dall'individuo alla collettività.

terminazione dei fatti naturali.¹⁸ Le qualità degli organismi hanno raggiunto lo statuto ontologico di parziale determinazione legata a fattori contingenti.

Così come le dinamiche interne all'organismo, intese come potenziale punto di origine della mutazione, hanno modo di essere "immuni" da una diretta interazione con le varie dinamiche esterne presenti nel loro ambiente. Tuttavia in ambo i casi, sarà sempre l'organismo stesso a essere il loro punto d'incontro e d'interazione specifica. Al fine di capire appieno la portata epistemologica del rapporto "interno-esterno" in biologia, Lewontin invita per un attimo a fare un passo indietro, ricordando come la separazione fra l'organismo e l'ambiente sia potuta diventare un punto di partenza per l'elaborazione di nuove idee scientifiche. Idee lontane da quanto accade in natura. E comunque sia, se all'inizio del XIX sec. le dinamiche interne ed esterne al vivente erano ancora viste come insiemi unitari (ovvero privi di cuciture), come affermava la teoria trasformazionale di Lamarck,¹⁹ è stato proprio «Darwin il primo che è riuscito a rendere alla natura la sua autosufficienza».²⁰

18 «Darwin's substitution of the variational scheme of evolution for a transformational one eliminated the need for the postulation of intrinsic directional forces driving the process of change and consequently avoided the need of a theory of progress. If directionality and its special variants, progress, are claimed to be features of a variational evolutionary scheme, they must be imported by means of a force not inherent in the variational process itself. If there is directionality, it must come from outside organisms, as a claim, for example, about the nature of environments and their histories. Differential reproduction and survival of randomly generated variants contains no intrinsic direction. Developmentalist, transformational theories of evolution, in contrast, is directional by necessity because the motive mechanism is some form of unfolding of an already immanent program» Cfr. Lewontin R. & Levins R., *Biology under the influence; dialectical essays on ecology, agriculture and health*, New-York, Monthly Review Press, 2007, p. 281.

19 Lamarck sostiene che una specie può ereditare sia i caratteri fisici (acquisiti dai progenitori) sia alcuni (ma specifici) atteggiamenti peculiari dei genitori. Considerando anche che l'embrione è influenzato in modo ponderale anche dallo stato psicologico materno, durante il corso del suo sviluppo prenatale. Questa spiegazione oggi appare molto riduttiva rispetto alla complessità biologica, perché nelle nostre spiegazioni degli eventi - e delle entità materiali - entrano in gioco, sia il fattore tempo (la storia del mondo e della vita si articola in miliardi di anni) sia una storia contingente che rendono l'uomo consapevole della sua finitudine, e della sua mancata capacità di controllare, e di conoscere, ogni cosa del mondo naturale.

20 Lewontin R. & Levins R., *Op. cit.*, p. 31.

4 - Charles Darwin e Gregor Mendel

Da genetista di popolazioni, Richard Lewontin si è da sempre interessato all'analisi della storia della biologia, partendo da una ricostruzione teorica di come il meccanismo dell'eredità e delle mutazioni definito da Gregor Mendel si sia collegato alla teoria dell'evoluzione di Charles Darwin.

Infatti, quest'ultimo per sostenere la sua idea di selezione naturale di alcune mutazioni individuali, aveva bisogno di capire quale fosse (e come funzionasse) il meccanismo della variazione ereditabile nella stessa specie.

Secondo Lewontin «il darwinismo non è altro, se vogliamo, che un meccanismo particolare dell'evoluzione. Un meccanismo che si basa sul tasso differenziale di riproduzione che sotto costante pressione dell'ambiente promuove alcuni tipi d'individui all'interno della popolazione. Il successo della spiegazione meccanicistica dell'evoluzione di Darwin dipende in maniera sostanziale da Mendel. Se si fosse scoperto che l'eredità avesse avuto una base radicalmente diversa, l'idea di Darwin (per quanto geniale) si sarebbe rivelata sbagliata».²¹ Lewontin riconosce che nell'epistemologia ultradarwinista, è il meccanismo della selezione naturale che, come paradosso, avrebbe minato la presenza di un tasso di variabilità presente nella popolazione. Anche se ciò è sia la base sia la garanzia dell'opera della selezione naturale, e della vita biologica così come si vede. L'evoluzione non ha modo di avvenire se prima non avvengono continue - e diverse - mutazioni fra gli organismi di una stessa specie biologica.²²

La confusione di questi due piani di variabilità ed evoluzione, deriva proprio dalla riflessione sugli scritti originali di Darwin; afferma

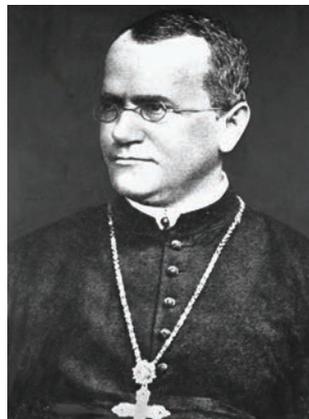


Fig. 5 - Gregor Mendel (1822-1884).

21 Lewontin R., *Gene, organismo e ambiente*, Bari, Laterza, 1998, p. 63.

22 Lewontin R. C., *Why Darwin*, The New York Review of books, 2009; accesso online del 5 Marzo 2012.

Lewontin. Proviamo a coglierne il senso: se è vero che l'ereditarietà avviene per via di un meccanismo di "mescolamento" di sangue (o di altri fluidi interni dell'esemplare maschio e femmina) dando così vita a un esemplare ibrido (originato dalla media dei fluidi paterni e materni), la mutazione ha un ruolo insignificante. C'è anche la possibilità che il processo di accoppiamento fra i due esemplari possa perdere la sua efficacia potenziale nell'operare sostanziali modifiche per le future caratteristiche del nascituro. A questo punto, notiamo che qualcosa sembri non tornare più al nostro ragionamento. Infatti, se la mutazione è una delle novità principali della teoria darwiniana rispetto a quella di Lamarck (e la selezione naturale si basa sulle mutazioni), allora c'è un qualcosa che rimane in secondo piano, rispetto a "come" Darwin articola la teoria dell'evoluzione a proposito dei meccanismi ereditari che fanno capo alle strutture organiche, osservabili di generazione in generazione. Darwin stesso ricevette (a tal proposito) critiche (tra cui quelle del coevo Herbert Spencer), rendendosi conto di non poter sostenere con valide spiegazioni i meccanismi dell'ereditarietà; apportando modifiche successive all'*Origin*. Egli introdusse nelle edizioni successive dell'opera la possibilità di una mutazione indotta dall'ambiente. Questo punto poteva essere un problema, per via di un suo rimando alla teoria lamarkiana: Darwin lasciava intendere che i tratti acquisiti dai genitori, si potessero ripresentare anche nel corso delle future generazioni.

Come ben s'immagina, questa posizione poteva essere una bomba a orologeria per un progetto che, come da lui sperato, doveva offrire una spiegazione dell'ereditarietà dei caratteri più completa ed esaustiva per il panorama scientifico. Darwin doveva trovare il modo di andare oltre il concetto di puro meccanismo trasformazionale; paradigma della teoria di Lamarck. E proprio riguardo tale aspetto epistemologico, Lewontin ritiene che sia stato il lavoro di Gregor Mendel ad aver "salvato" Darwin dall'aporia teorica che limitava la sua analisi scientifica.

Ai nostri giorni, gli esperimenti genetici convalidano l'ipotesi che i caratteri capaci di trasmettersi per via ereditaria dal genitore alla prole (ovvero i geni) siano singole particelle capaci di interagire con altri elementi - o con altri geni - citoplasmatici nel corso

dello sviluppo dell'organismo. Tale assunto definisce la base fisica dell'ereditarietà più discreta che continua. Inoltre, un altro elemento scoperto da Mendel, aumenta il credito epistemologico di quanto appena detto.

Nel processo di formazione dello sperma - e degli ovuli - in un organismo ibrido, i geni che si sono mescolati in quell'ibrido si staccano, e si distribuiscono a cellule-sperma e cellule-uova separate. Questo meccanismo è noto come principio di segregazione. Questi due principi garantiscono che, se alcuni mutanti di una popolazione si accoppiano nelle generazioni successive, la mutazione ricomparirà per effetto della segregazione.

Così la nuova mutazione non sarà sommersa e diluita dal processo di accoppiamento, ma resterà sempre disponibile per selezione. Ecco il motivo per cui Lewontin ritiene che sia stato proprio il principio della segregazione di Mendel, il vero punto di forza della teoria dell'evoluzione per selezione naturale.

5 - Oltre la logica di causa - effetto

Gli scienziati si chiedono da sempre cosa sia la vita; la studiano e la descrivono cercando di cogliere le relazioni - molteplici e variabili - presenti nel suo divenire. Essi dedicano il proprio lavoro a cercare di capire come la vita abbia avuto inizio sulla Terra, e se vi siano delle regole precise alla base della sua articolazione strutturale, delle sue regolarità, e delle sue variabilità prospettiche.²³ Fino al 1953 i biologi erano soliti a tracciare le peculiarità della vita dei viventi, attraverso un elenco schematico composto da semplici attributi. Quest'ultimi rimandano alla capacità che ha un organismo di reagire a un am-

23 Il più grande problema della biologia è rimasto da sempre quello di come un uovo diventi un embrione. Pensiamo all'uovo umano, grande come un granello di polvere e noto alla scienza solo dal primo Ottocento. Da esso, il piano fondamentale embrionale è stabilito in un breve periodo, che va da una a quattro settimane dopo la fecondazione. In questa fase un grumo omogeneo di cellule diventa un animale in miniatura, e solo in seguito esso assumerà delle connotazioni umane. Ma il vero mistero della morfogenesi (e della nostra vita) è compreso in quelle tre settimane di autentiche "metamorfosi", durante cui emerge l'effettiva organizzazione spaziale (o "specificazione regionale") dell'organismo.

biente, così da riprodursi e da garantire la speciazione della famiglia biologica cui appartiene.

Così dal 1953 con la scoperta di Francis Crick e James Watson del modello a «doppia elica» per la molecola di DNA, si assiste ad un importante cambiamento per le scienze biologiche.²⁴

La vita inizia a disegnarsi come proprietà di alcune tipologie di sostanze chimiche, che si annidano e si sviluppano intorno alla molecola di DNA.²⁵

Da questa molecola si originano i geni (senza tralasciare la possibilità che un gene possa anche originarsi dal RNA) responsabili dell'origine degli organismi.²⁶ Il "modo" in cui questa particolare molecola iscriva nella sua stessa struttura l'intera informazione chimica (necessaria al funzionamento e allo sviluppo dell'organismo), e il "come" essa si presti continuamente a una duplicazione invariante (per la fabbricazione delle copie identiche da trasmettere alla discendenza), costituisce una soluzione sorprendentemente semplice (e chiara) dei problemi legati all'ereditarietà.

24 Secondo il modello a doppia elica, a ogni timina di un'elica corrisponde nell'altra una adenina, e ad ogni guanina corrisponde nell'altra una citosina. Le basi di ciascuna coppia giacciono sullo stesso piano, e sono collegate fra loro da due ponti d'idrogeno. La distanza presente tra i punti di attacco al desossiribosio delle due basi complementari è la stessa per le due coppie. Nel modello a doppia elica, i piani delle coppie sono approssimativamente perpendicolari all'asse comune delle eliche. È da evidenziare che, nell'esplicare le sue funzioni 'in vivo', la molecola di DNA non è mai distesa, ma sempre ripiegata su se stessa molte volte, e tale dettaglio non rende affatto semplice la completa comprensione dei processi in cui questa molecola interviene. Per un maggiore approfondimento dell'argomento, si veda Mario Ageno, *L'origine della vita sulla terra: un problema esemplare della ricerca scientifica*, Bologna, Zanichelli, 1971.

25 Il DNA - l'acido desossiribonucleico - è come un filo lunghissimo formato da due trefoli avviluppati l'uno intorno all'altro. Lungo i trefoli sono disposte quattro speciali molecole (adenina, citosina, guanina e timina), che hanno una funzione simile a quella delle lettere di un alfabeto, "prescrivendo" il codice genetico dell'organismo.

26 È l'ordine secondo cui si susseguono nella molecola di DNA le coppie di basi complementari, che fornisce l'informazione chimica necessaria alla sintesi delle varie proteine - indispensabili per la vita nella cellula. Una molecola a doppia elica racchiude così in sé tanti segmenti successivi, ciascuno dei quali contiene l'informazione per la sintesi di una ben determinata catena polipeptidica (ovvero di una proteina). Ogni segmento di DNA viene poi "letto" da una determinata sequenza di base azotate che costituisce sia il segnale di inizio che quello di stop e da un enzima che ha il compito di sintetizzare la molecola di acido ribonucleico (detto RNA messaggero o mRNA), al cui interno la sequenza delle basi è complementare a quella del DNA.

I geni possono offrire una spiegazione diretta all'interrogativo per cui la natura sappia presentare la sostanziale unità dei viventi; così come barriere invalicabili presenti fra specie e specie.

Sapendo andare oltre le associazioni mentali definibili seguendo la logica di "causa→effetto" (che implicano una connessione diretta fra un gene e un preciso carattere), Lewontin riconosce che sono le mutazioni casuali che portano la molecola di DNA a essere "il motore" primo di un insieme di processi biochimici che hanno dato vita alla complessità dell'essere umano.

È chiaro che replicazione del DNA potrà portare anche a degli errori che, seppur rari (rimanendo invariati per milioni di copie) potranno assicurare alle specie viventi la "plasticità", necessaria a reagire ai diversi cambiamenti presenti nell'ambiente esterno.

Sempre secondo i paradigmi presenti nella teoria dell'evoluzione.

Se fosse il DNA, l'unico a plasmare i geni (coinvolti anche nel metabolismo cellulare), si potrebbe pensare che sia la quantità di geni il fattore primario - e indice - della complessità organica di un organismo.

Fatto sta che le ricerche che sono state portate avanti nel corso degli ultimi anni dai biologi, mostrano dati importanti sulla variabilità e sulla biodiversità organica che contraddicono nettamente questa ipotesi.²⁷

Dalla metà del Novecento la biologia molecolare ha posto le sue basi sull'esistenza di un "Dogma Centrale", che si basa su un assunto fondamentale: sono le informazioni presenti nel DNA a governare la vita, l'eredità cellulare e i processi organici. In altre parole, è sempre e solo il DNA a produrre la struttura delle proteine, riproducendosi su se stesso.

Non è vero il contrario. Le proteine non si riproducono, e non hanno alcune possibilità di modificare l'acido desossiribonucleico che le ha plasmate. Pertanto l'informazione va dal DNA all'RNA,

²⁷ Le stime indicano che nei batteri sono contenuti 3000-5000 geni, 6000 nel lievito, e 26000 in una pianta di crocifere. Un minuscolo nematode - il *Caenorhabditis Elegans* - conta 19000 geni e l'essere umano (il cui corredo genetico, la facoltà di linguaggio e la capacità cerebrale sembrano quasi dover rispecchiare la sua "superiorità" fra gli organismi pluricellulari) possiede - all'incirca - dai 25000 ai 30000 geni.

e dal DNA alle proteine, ma non accade mai il processo inverso. Escludendo una retroazione informativa dalle proteine verso il DNA, si esclude così anche la possibilità che eventuali caratteri acquisiti (di lamarkiana memoria) possano così essere ereditati dalle generazioni future. Inoltre, se il "testo" racchiuso nel DNA mostra alcune mutazioni (del tutto casuali), ci si aspetta di notare una relativa alterazione della sua codifica proteica, che potrà avere un'efficienza parziale nel garantire il corretto funzionamento organico. Secondo questo ragionamento, solo le proteine più "adatte" che riescono a svolgere una determinata funzione organica avranno la possibilità di "afferinarsi", portando quelle meno abili a scomparire insieme al gene che le ha prodotte.

Ora, se questa consequenzialità è forzata - e sorretta - da una corrente scientifica riconosciuta dal panorama specialistico, la proteina stessa potrebbe lasciarsi inquadrare come il prodotto diretto (o quasi) del gene.

È il caso di quanto è stato divulgato dai principali fautori del determinismo biologico.

Lewontin ci ricorda che nella metà del XX secolo la regola generale «*One gene - one protein*», assunse la parvenza di un «motto biologico» diventando l'elemento costante delle ricerche biochimiche avvenute nei decenni successivi in ambito di ricerca accademica. Anche se questo genere di studi si focalizzava per lo più sull'analisi genomica di organismi molto semplici: come i batteri e le muffe. Nel caso che l'analisi fosse basata su un organismo complesso, le cose si sarebbero molto complicate.

Sappiamo bene che sia il gene sia la proteina sono molecole polimeriche, vale a dire molecole costituite di sub-unità poste in serie. Lewontin per farci capire meglio il ruolo dei meccanismi presenti in questo tipo di molecole, invita a pensare che le "perle" della "collana" genica siano i nucleotidi, e di quella proteica siano invece gli amminoacidi; cosicché ogni tripletta di nucleotidi sia in grado di "codificare" il suo relativo amminoacido.²⁸ Nelle trame del DNA ci

28 Nei viventi i nucleotidi sono di quattro tipi, mentre di amminoacidi se ne contano venti; il nostro codice genetico viene definito a partire dalla corrispondenza di triplette nucleotidiche con i singoli amminoacidi: La tripletta UGG chiama l'amminoacido trp (triptofano),

sono anche particolari elementi in grado di muoversi da un punto all'altro lungo i cromosomi. Tali elementi possono essere trasportati da piccole stringhe di materiale genetico, che prendono il nome di elementi trasponibili.²⁹ Questi ultimi - definiti trasposoni - operano continuamente un processo di "taglia e cuci" nel materiale genetico, creando una duplicazione di una parte della sequenza del DNA in un nuovo sito d'integrazione. Ecco che, nel momento in cui una di queste molecole trova posizione nel bel mezzo di un gene, l'organismo avrà una sequenza di DNA derivata da duplicazione anormale, presentando così una mutazione genetica.³⁰

Nel 1984 nel discorso tenuto alla consegna del premio Nobel per colei che ha scoperto i trasposoni,³¹ la genetista e pioniera Barbara

quella CGU arg (arginina), quella UCG ser (serina). Un tratto di gene UGGCGUUCG...mette in fila trp arg ser...Sta di fatto però che il DNA mantiene solo di facciata un andamento lineare e modulare: sebbene i suoi filamenti siano formati da un insieme sequenziale di acidi nucleici (adenina, timina, citosina e guanina) essi possono occupare reciprocamente un punto qualsiasi nella sequenza lineare della catena polipeptidica da loro creata. Le loro numerose e continue reazioni ai fattori di stress (interni ed esterni), possono alterarne la disposizione. L'esempio più conosciuto è quello della frammentazione e della variazione dell'acido desossiribonucleico, che ha luogo nelle cellule del sistema immunitario, ma ne esistono anche altri. Il tipo di modifiche strutturali - regolate dal DNA - fanno parte dello sviluppo normale di un organismo, alla pari di quelle che avvengono durante la trascrizione genetica; nello Splicing; e nella traduzione dell'RNA messaggero.

29 Di solito un elemento trasponibile semplice è costituito da una breve sequenza di DNA che codifica una proteina necessaria per la trasposizione. Questa proteina (la trasposasi) sembra legarsi nelle vicinanze delle estremità dell'elemento trasponibile, dove taglia entrambi i suoi filamenti di DNA. Il taglio del DNA in questi siti causa l'escissione del trasposone dal cromosoma o dal plasmide in cui esso era racchiuso, rendendolo così libero di inserirsi in una nuova posizione, nella stessa o in una diversa molecola di DNA.

30 Lewontin aggiunge che «se quest'elemento viene poi trasferito di nuovo, può lasciare dietro di sé una propria copia oppure può accadere che l'escissione sia imprecisa, sicché il gene dell'ospite rimanga inalterato. Questi elementi trasponibili sono molto comuni e i genomi degli organismi ne sono crivellati. Si stima che circa il 15% del DNA di un moscerino della frutta è composto di molte copie di una varietà di elementi trasponibili». (R. C. Lewontin, *Il sogno del genoma umano e altre illusioni della scienza*, Roma-Bari, Laterza, 2002, p. 57.

31 Un'ipotesi intrigante suggerisce che il rapido insorgere di molte novità in campo evolutivo si debba a un massiccio spostamento di elementi trasponenti a seguito di variazioni epigenetiche indotte dallo stress. Almeno il 45% del genoma umano è deviato dagli elementi mobili e lo stesso si può dire per il 50% di genoma di alcune piante; pertanto è abbastanza plausibile che questi *jumping genes* abbiano svolto un ruolo importante nell'evoluzione. Il loro spostamento, eseguito per ovviare a condizioni difficili nell'organismo, ha prodotto un gran quantità di variazione genetica. Anche perché questi elementi mobili (entrando oppure

McClintock ha dichiarato che:

Nel futuro l'attenzione si concentrerà, senza dubbio, sul genoma, con un maggiore apprezzamento del suo significato (in qualità di organo cellulare altamente sensibile), dedito a monitorare le attività al progetto interno e a correggere gli errori comuni, e a percepire gli eventi insoliti e reagirvi, spesso ristrutturando il patrimonio genetico.³²



Fig. 6 - Barbara McClintock (1902-1992).

Lewontin riconosce alla McClintock l'aver colto un punto cruciale: le cellule attivano dei sistemi in serie che le rendono capaci di alterare il proprio DNA nel momento in cui esse non riescono più a rispondere (in maniera efficace) alle eventuali condizioni di stress esterno. Ed è grazie a questa peculiarità che le cellule attivano - o silenziano - alcuni geni, seguendo le regole di una logica che procede per *Trial & Error*.

Se la variazione genetica prodotta in condizioni stressanti è semiguidata, nel senso che costituisce una reazione ai segnali ambientali, essa non condurrà necessariamente lo scienziato a una risposta univoca; e definibile secondo una logica adattativa per l'organismo.

È come se il ragionamento di Lewontin volesse porsi in una posizione intermedia fra quelle che sono variazioni completamente cieche (vale a dire prive di specificità per quanto riguarda la loro natura, il momento e il punto del genoma in cui avvengono) e quelle

fuoriuscendo dalle regioni di regolazione di un gene) producono il tipo di mutazione destinata (con buone probabilità) a rivelarsi la più efficace in assoluto: i cambiamenti generati da questa mutazione influiscono sulla capacità reattiva del gene ai segnali di attivazione o disattivazione -nonché sul momento e sul punto in cui ciò avviene. Queste variazioni possono avere profondi effetti sullo sviluppo, e si ritiene che la particolare mutazione responsabile della regolazione cellulare sia stata responsabile di molte delle principali modifiche evolutive subite dall'organizzazione di piante e animali.

32 McClintock B., "The significance of responses of the genome challenge" in «Science», No. 226 (4676): 792-801, (1984)..

che invece appaiono guidate. Perché capaci di generare cambiamenti adattativi riproducibili, presenti in punti specifici. Egli riconosce come il lavoro della McClintock abbia messo in luce un concetto importante: la possibilità che un nucleotide sia rimpiazzato da un altro già esistente, non è affatto rara.³³

Così l'idea di un elemento trasponibile non deve rimandare a una connotazione negativa, per quello che sarà il funzionamento degli altri nucleotidi presenti sul filamento d'origine.

Ogni biologo sa che il DNA può avere un vastissimo numero di frequenze³⁴ che gli permettono di "compattare" un lieve margine di errore, verificatosi a seguito della copiatura e/o traduzione delle sequenze stesse. Il tasso di frequenze aumenta in maniera esponenziale nel momento in cui, sono gli effetti della portata "semantica" dell'acido desossiribonucleico, a diventare un successivo oggetto d'indagine. Inoltre «il DNA replica continuamente il materiale genico, a prescindere dalla sequenza osservata nei suoi nucleotidi messi in serie».³⁵

Ciò non toglie al DNA, oltre alle sequenze di triplette di aminoacidi (fra cui non è presente una relazione di tipo chimico), di essere - dal punto di vista molecolare - un "proiettore" preciso del programma che è codificato nella sua "pellicola".

Lewontin riconosce la vita molecolare non è da ritenersi un "co-

33 Cfr. Lewontin R. & Levins R., *Biology under the influence; dialectical essays on ecology, agriculture and health*, New-York., Monthly Review Press, 2007.

34 Nel caso di una sequenza di 100 unità, composte da quattro nucleotidi differenti, sono, ad esempio possibili 4^{100} sequenze diverse. Questa è una cifra talmente grande, da non poterla neppure immaginare; si pensi che essa sarebbe addirittura maggiore, della quantità di atomi presente nell'intera galassia.

35 La biologa Barbara McClintock aveva desunto dai propri esperimenti che, quando le cellule non riescono a reagire bene agli stress, attivando o modificando dei geni o modificando delle proteine già esistenti, esse mobilitano una serie di sistemi in grado di alterare il loro DNA. Ecco perché si dice che una variazione genetica prodotta da condizioni stressanti (quali un brusco cambiamento di temperatura o un intenso digiuno prolungato) è semiguidata. Essa costituisce una reazione ai segnali ambientali, ma non conduce ad una risposta univoca e per forza adattativa. Essa si trova a metà tra le variazioni a-specifiche (sensibili al momento ed al punto nel genoma in cui esse si verificano), e quelle guidate (cambiamenti adattativi specifici, in risposta agli stessi stimoli). Cfr. Jablonka & Lamb, *L'evoluzione in quattro dimensioni; variazione genetica, epigenetica, comportamentale e simbolica nella storia della vita*, Torino, UTET, 2007, p. 111.

strutto" prevedibile secondo leggi statistiche, secondo un modello a priori o un ragionamento che procede secondo una logica causale.

La vita è una costruzione continua di legami potenziali e variabili nel tempo e nello spazio, che per questi e per altri mille motivi non finirà mai di meravigliarci: noi stessi ne siamo una prova vivente.

6 - Oltre l'adattamento rilevabile e definibile a priori

Secondo Lewontin ricorrere alla mediazione di modelli di simulazione (mediante algoritmi complessi), non può offrire una stima reale del funzionamento della "vita" molecolare e organica.

Lewontin mostra come la verità dei fatti è (e rimane) custodita nelle gelose trame di una vita che seppur autonoma, diventi capace di creare i propri vincoli interni. Iniziare ad elaborare una descrizione e uno studio analitico degli elementi è possibile solo dopo che la vita entra in contatto con l'ambiente, con il rumore dello sviluppo presente nelle sue strutture cellulari, e con molti altri elementi racchiusi nell'organismo.

Ponendo un accento particolare a quelle che furono le analisi del genetista Conrad Waddington, Lewontin ricorda che una particolare forma di trasposizione si sia rivelata importante per l'evoluzione, rispetto all'attività del DNA per l'organismo. A tal proposito s'intende dire che, il trasferimento orizzontale di geni tra specie non imparentate, potrebbe essere avvenuto per mezzo di virus o di altre particelle cellulari capaci di inserire il l'acido desossiribonucleico di una precisa specie, in un'altra molto diversa da essa. Questi batteri prendono il nome di "retrovirus" proprio per via dell'abilità nella copiatura d'inter e complesse sequenze di materiale genetico, all'interno della loro semplice struttura molecolare.³⁶

36 I genomi eucariotici contengono elementi trasponibili la cui mobilitazione dipende dalla trascrizione inversa dell'RNA in DNA. Il capovolgimento nel flusso dell'informazione genetica ha portato i genetisti a chiamare questi elementi retrotrasposoni, come da prefisso latino che significa "all'indietro". Di fatto, la trascrizione inversa svolge un ruolo cruciale anche nel ciclo vitale di alcuni virus. I genomi di questi virus sono costituiti da RNA a singolo filamento. Nel momento in cui uno di questi infetta la cellula, il suo RNA è copiato in DNA a doppio filamento; e poiché l'informazione genetica fluisce dall'RNA al

Il loro meccanismo di funzionamento è semplice: un caso tipico è quello in cui il virus s'introduce nel DNA di organismi non imparentati fra loro attraverso semplici punture d'insetti a sangue freddo, come le zanzare.

Una volta che il virus s'insedia nel suo nuovo ospite in modo stabile, la produzione di copie di DNA dell'informazione genetica da lui trasportata, diventa automaticamente parte integrante del genoma dell'organismo ospite.

Prima si riteneva che, le "nuove funzioni" organiche derivassero da mutazioni genetiche in una specie, e che la loro via di diffusione fossero i normali processi di riproduzione. Oggi invece è ragionevole pensare che il materiale genetico si sia "spostato" nel corso dell'evoluzione (da specie a specie), grazie all'intermediazione di retrovirus e di elementi trasponibili. La cosa straordinaria è che questo genere di trasposizione può verificarsi tra forme di vita molto diverse fra loro, come per esempio fra vertebrati che sono imparentati alla lontana, piante di uno stesso habitat, virus e batteri. Assumere che le specie debbano muoversi e articolare la propria evoluzione lungo sentieri evolutivi indipendenti (poiché non potendosi più incrociare, si siano poi separate dal tronco in comune), è riduttivo rispetto alla loro natura.

Ecco perché Lewontin afferma che tutte le forme di vita sono in contatto genetico potenziale, poiché gli scambi genetici continuano ad avvenire. Così i diversi "rami" dell'"albero della vita" di Darwin, fanno sempre capo ad un tronco comune.

Seguendo la logica delineata da questo fil rouge, Lewontin afferma che alcuni elementi cellulari dei viventi, debbano la loro attuale composizione (e concentrazione fisiologica), a processi di "inglobamento" di altri organismi avvenuti in passato. Egli sostiene questa tesi partendo dal fatto che, tutte le cellule della maggior parte degli organismi viventi contengono in sé i cosiddetti «organelli»,³⁷ e al loro

DNA, questi virus sono chiamati retrovirus.

³⁷ Come ben s'immagina, l'espressione genica è più complicata negli eucarioti che nei procarioti, perché le cellule eucariotiche sono compartimentale da un elaborato sistema di membrane. Questa compartimentazione suddivide le cellule in organelli separati, di cui il più grande è il nucleo. Le cellule eucariotiche possiedono anche mitocondri, cloroplasti

interno i mitocondri (discendenti da batteri che prima vivevano liberi, e che contengono in sé una certa quantità di geni batteri originali) capaci di svolgere alcune funzioni basilari per la vita.

Fra cui il metabolismo cellulare.³⁸ Egli è stato uno dei primi scienziati ad affermare l'idea che i batteri si siano introdotti nelle cellule ospiti sotto forma di parassiti. O che magari abbiano preferito una strada secondaria: quella di essere ingeriti dalle cellule che non essendo dotate di macrofagi (gli elementi cellulari che fagocitano, e digeriscono le cellule estranee al corpo attraverso un meccanismo enzimatico) erano più "vulnerabili" agli attacchi esterni. È secondo questi processi biologici che i batteri hanno trovato il modo di stabilire con le cellule una relazione simbiotica, secondo differenti modalità adattative. Ecco perché l'adattamento si può ritenere dinamico, e diverso secondo l'ambiente e degli elementi in esso inclusi.

La logica unidirezionale che segue il processo di causa-effetto non funziona più in questo caso.

Del resto Lewontin non approva un ricorso spropositato alle leggi di relazione causale fra una parte e la sua funzione; poiché in natura non ci si trova sempre di fronte a una corrispondenza univoca tra genoma e fenotipo.

L'errore abbastanza diffuso nel panorama accademico dove egli appartiene è che, sia la parte che la funzione, siano definite (sempre durante l'arco temporale degli anni '60-'80) dai biologi legati ad un'epistemologia riduzionista, seguendo canoni troppo semplici e utopicamente prevedibili ricorrendo a test da laboratorio. Anche se questi ultimi non permettono di prendere in considerazione, da quelle che sono solo "simulazioni modulari", la reale complessità racchiusa nei fatti naturali. A riguardo Lewontin evidenzia che è proprio l'interazione dei fattori e delle strutture, il punto che lascia

(se sono cellule vegetali) e un reticolo endoplasmatico. Ognuno di questi organelli esercita una funzione diversa. Il nucleo conserva il materiale genetico, i mitocondri e i cloroplasti raccolgono e trasportano energia, e il reticolo endoplasmatico trasporta i materiali nella cellula. È anche la suddivisione delle cellule eucariotiche in organelli, ciò che separa fisicamente i vari eventi dell'espressione genica.

38 Così ad esempio i mitocondri che realizzano il metabolismo dell'energia e i cloroplasti delle piante entro cui avviene la fotosintesi. Questi organelli hanno il proprio DNA che codifica per gli enzimi che operano dentro di essi.

sbiadire i confini di eventuali (e arbitrarie) distinzioni fra le parti.

I test non necessariamente sono affidabili. E non di rado, capita che dopo lo screening generale del soggetto, si rileva come alcuni insiemi identici di geni possano produrre - in automatico - dei fenotipi identici.

Quest'opinione non solo è errata dal punto di vista scientifico, ma è anche estremamente rischiosa per l'opinione pubblica che si potrebbe così lasciar convincere a seguire le leggi di un oroscopo genetico.

Grazie allo studio degli organismi eucarioti,³⁹ si è riconosciuta l'inesistenza di una sola (e continua) sequenza di nucleotidi all'interno del DNA, capace di codificare amminoacidi racchiusi nella catena polipeptidica. Questi dati scientifici mostrano la presenza di un vero e proprio "patchwork" di regioni nucleotidiche tradotte e non, in cui gli esoni sono affiancati dagli introni.⁴⁰

Prima che l'intera sequenza di DNA sia poi trascritta nell'mRNA, avviene un'ulteriore fenomeno noto come splicing, in cui grandi complessi di RNA-proteine definiti "spliceosomi" eliminano gli introni dalla prima trascrizione dell'RNA, accorpando gli esoni residui. Quest'ultimo avrà poi modo di tradursi in catene polipeptidiche. A volte può accadere che il fenomeno dello splicing elabori ancora di più i suoi effetti: spesso, lo stato degli esoni e degli introni in una sequenza non è fisso. In almeno il 40% delle trascrizioni dell'RNA dei geni umani, possono essere congiunti pezzi diversi fra loro: una sola sequenza di DNA può dare origine a numerosi mRNA e prodotti proteici. Quale sarà il polipeptide finale, dipende sia dalle condizioni ambientali e di sviluppo, sia dagli altri geni presenti nel genoma.

Il fatto è che la posizione effettiva degli esoni, e degli introni, presenti all'interno di una sequenza, non è mai fissa: i pezzi diversi

39 Ovvero degli organismi dotati di cellule in cui è presente il nucleo, come le piante, gli animali, i funghi ed una vasta pletera di organismi unicellulari.

40 Negli eucarioti (cioè negli organismi dotati di cellule in cui è presente il nucleo) in cui sono incluse le piante, gli animali, i funghi e molti organismi unicellulari, non è detto che una sequenza continua di nucleotidi del DNA codifichi in modo esatto quella degli amminoacidi presenti in una loro catena polipeptidica. I dati sperimentali mostrano regioni tradotte e non, che assumono l'aspetto di "mosaici genetici". Le prime sono dette esoni e le seconde introni.

di materiale genetico hanno la possibilità di legarsi insieme per almeno il 40% delle trascrizioni DNA → mRNA, creando così vari e numerosi prodotti proteici.

Arrivati a questo punto, viene naturale chiedersi cosa sia realmente un gene, e quale sia il suo ruolo sul piano della trasmissibilità ereditaria (da intendere però in termini di ricostruzione, piuttosto che di copiatura).

Per il momento siamo solo arrivati a conoscere una parte, di quelli che potrebbero essere i processi che permettono una trasmissione genomica, e che si possono “tramandare” con il passare delle generazioni.⁴¹

Si dà il caso che la ricerca che mira all’analisi dettagliata della loro natura, è ben più complessa - e ricca di meccanismi biologici correlati, e vicarianti; pertanto, il rapporto presente tra un gene e un carattere visibile, è ancora fonte di dubbi - e di problemi da risolvere - per i biologi molecolari, e per i genetisti.

Lewontin ritiene che, in qualsiasi momento della sua vita, un organismo vivente sia la conseguenza unica di eventi, legati a una specifica storia evolutiva, risultante dall’interazione e da influenze reciproche delle forze interne ed esterne.

Le forze esterne intese come «ambiente» sono a loro volta, parzialmente derivabili dell’attività dell’organismo, che produce e consuma gli elementi alla base della sua esistenza. Secondo Lewontin «gli organismi non trovano il mondo in cui si sviluppano, lo fanno»:

41 A tal proposito si citano gli studi dell’immunologo australiano Ted Steele, iniziati a partire dalla fine degli anni settanta: «durante la maturazione delle cellule volte a produrre gli anticorpi vengono generate nuove sequenze di DNA tramite la frammentazione, lo spostamento, la giunzione e la mutazione di quella originale. Il risultato è la produzione di un numero enorme di tipologie cellulari, dotate di acido deossiribonucleico codificante per vari anticorpi. Alcune sopravvivono e si moltiplicano, mentre altre no. Steele ha suggerito che, in una situazione del genere, in cui alla diversità fra le cellule fa seguito una selezione, copie dell’ mRNA presente nelle cellule favorite da quest’ultima (e di conseguenza comuni) possano essere raccolte dai virus e trasportate alla linea germinale. Qui, tramite la trascrizione inversa, l’informazione racchiusa nell’ mRNA può venire nuovamente ricopiata nel DNA». Cfr. Jablonka E., Lamb M. J., *L’evoluzione in quattro dimensioni ; variazione genetica, epigenetica , comportamentale e simbolica nella storia della vita*, Torino, UTET, 2007, p.190.

Not only do parameters change in response to changes in the system of which they are a part, but the laws of transformation themselves change. [...] The entities that are the object of laws of transformation become subjects that change these laws. Systems destroy the conditions that brought them about in the first place and create the possibilities of new transformations that did not previously exist. [...] The change that is characteristic of systems arises from both internal and external relations. The internal heterogeneity of a system may produce a dynamic instability that results in internal development. At the same time the system as a whole is developing in relation to the external world, which influences and is influenced by that development. Thus internal and external forces affect each other and the object, which is the nexus of those forces. [...] There is abundant evidence that the ontogeny of an individual is a function of both its genes and the environment in which it develops.⁴²

Ecco perché è basilare riconoscere che le forze interne di un organismo non operano in piena autonomia, agendo e reagendo in risposta alla variabilità delle forze esterne (Lewontin 2002a).

Ritenerne che la variazione di un singolo gene possa avere degli effetti sulle capacità di sopravvivenza e tassi di riproduzione del vivente, è riduttivo rispetto all'interpenetrazione dei fattori coinvolti.

Del resto, la media delle mutazioni biologiche si è rivelata essere "neutrale" dal punto di vista della selezione naturale: esempio di ciò è una combinazione di geni che offre all'organismo possibilità migliori di sopravvivenza in alcuni ambienti, ma che in contesti alternativi potrebbe mostrare l'effetto opposto.

Il cambiamento evolutivo non avviene esclusivamente a partire dalle mutazioni genetiche, anche se questa analogia era frequente nel corso del decennio '60-'70, anche per spiegare l'origine dell'adattamento del fenotipo.⁴³

42 R. Lewontin, R. Levins R., *The Dialectical Biologist*, New-Delhi, Aakar, 2009, pp. 277-278.

43 Lewontin parte da questo ragionamento per esporre la sua idea: Darwin sostiene che è stato il processo di selezione fra i mutanti a produrre l'adattamento degli organismi all'ambiente. Nella "lotta per l'esistenza" alcuni mutanti (per indole e fisiologia) usano con maggiore efficienza le risorse che in natura, sono destinate a scarseggiare; così come sfuggono con maggiore successo agli attacchi dei predatori e reagiscono meglio ai cambiamenti climatici. Da qui che si riscontra un'asimmetria nello schema filosofico di Darwin, afferma Lewontin: nel momento in cui l'adattamento è osservato può essere spiegato con la sopravvivenza e la riproduzione differenziale di tipi mutanti, capaci di mostrare una

A seguito di una visione molto riduttiva diffusa dalla Sociobiologia di Wilson, Lewontin propone l'idea che l'organismo e l'ambiente si trovano a "dialogare" continuamente, e nell'atto di scambiarsi "opinioni" permettono ai loro pattern di "aggiornarsi" periodicamente, così da instaurare legami efficienti con il proprio *milieu* di riferimento.

7 - I concetti di ambiente e di nicchia ecologica

La vita è anche frutto della presenza di questa codeterminazione, che rende possibile il divenire degli organismi intesi anche come "prodotti" di un ambiente, che è a sua volta il prodotto della comunità di organismi.⁴⁴ Se le specie interagiscono fra loro, è la struttura della comunità biologica a determinare le conseguenze di questa interazione e relazione, per così dire "dialettica". L'ambiente non si trova in un "là" esterno al nostro corpo, inteso come un puro spazio in cui il corpo è "immerso"; ma si delinea altresì dal tipo di relazioni, di chimismi, e di comportamenti che attraversano gli stessi esseri umani - e i viventi in generale - che, con le loro azioni costruiscono e distruggono porzioni del nostro pianeta.

Questi elementi portano il concetto di ambiente a esser inteso sia come ciò che è esterno all'organismo, sia come ciò che passa direttamente all'interno dell'organismo stesso.

In questa "dialettica fra le parti", gli elementi, gli scambi di materia e di energia dell'organismo, diventano una componente costitutiva essenziale (secondo maggiore o minore intensità) e peculiare per quelle che saranno poi le fasi di sviluppo e degrado della sua vita. L'ambiente è dunque una trama attiva, che lega e slega le comunità (gruppi, sottogruppi, specie, sottospecie, generi), da quelli

maggior efficienza e resistenza di fronte agli stress, e ai pericoli ambientali. Eppure, qualunque causa di sopravvivenza e riproduzione differenziale, anche quando non ha nulla a che fare con la "lotta per l'esistenza", darà luogo a una qualche evoluzione. Evoluzione che non si deve etichettare come adattiva.

⁴⁴ Come si ha modo di notare, l'interpenetrazione presente fra comunità e specie è cruciale per avere una visione unitaria in biologia.

che sono i suoi trofismi, ovvero le fonti di materia e di energia che rendono possibile l'avvicinarsi dei processi, e delle transazioni soggette a variare fra organismi "ambientati" in maniera diversa. L'ambito specifico di ciò è inteso come "ambiente" non cancella mai la dimensione del suo spazio, ma la integra continuamente.

Alla condizione base di uno spazio geografico possono subentrare diverse funzioni, in cui lo spazio e il tempo agiscono come validi agenti di trasformazione.

Ogni nicchia tende ad attirare a sé organismi che, se in un primo momento tendono a insediarsi senza troppe pretese, in seguito potrebbero (con buone probabilità) modificarla a proprio utile. Nel complesso si deve far presente che tale nicchia è forgiata soprattutto dall'attività dei suoi organismi viventi, così come da un insieme di circostanze di natura contingente provenienti dall'esterno (ad esempio la temperatura, l'umidità, la pressione, le quantità delle fonti di cibo disponibile e la mole dei possibili suoi predatori). Senza mettere da parte l'analisi dei fattori che fanno capo alle diverse attività condotte dagli organismi (fra cui l'organizzazione sociale, i movimenti strategici, e i loro quotidiani/stagionali cicli di attività e migrazione). È da queste osservazioni sulla natura che, una nuova idea di "vita" sulla Terra prende lentamente forma in biologia: gli organismi non esperiscono né tantomeno si adattano passivamente all'ambiente, ma lo costruiscono da sé attraverso la scelta dei "pez-zettini" di mondo, fondamentali per la tutela e la garanzia della loro attuale sopravvivenza.

Quest'assetto paradigmatico è necessario affinché i viventi possano trovare, nel proprio milieu, le risorse naturali capaci di garantire la propria - e altrui - vita. Ogni elemento potrebbe anche manifestare la sua duplice accezione: ad esempio la temperatura potrebbe intendersi come una condizione esterna all'organismo, distinta però da alcune specifiche. Lewontin afferma che, solitamente, in natura la parte superiore del tronco di molti mammiferi è permeata da un "guscio" d'aria tiepida, che, di fatto, è inteso come il loro ambiente più prossimo.⁴⁵

45 Lewontin propone poi ulteriori esempi, legati alla variazione di temperatura operata dagli organismi in un determinato spazio e tempo.

utti gli organismi viventi sono capaci di plasmare un ambiente in ogni tempo, e in ogni luogo, consumando le risorse necessarie alla loro sopravvivenza e producendo alte quantità di scorie che sono dannose per sé e per altre specie. Da questo particolare leitmotiv è possibile comprendere perché ogni atto di consumo deve anche ritenersi un atto di produzione; come accade in natura. La dialettica di “produzione e consumo” permette di capire anche come, nell’era storico-biologica cui noi apparteniamo, particolari - e specifiche - condizioni fisiche debbano mantenersi stabili per garantire nel tempo il corretto funzionamento e l’equilibrio della vita. Un esempio di ciò è che, nessuna specie è in grado di svilupparsi senza che vi sia prima un’atmosfera con il 18% di ossigeno: elemento chimico creato, e messo in circolo, da forme di vita primitive ricche di diossido di carbonio. A sua volta depositatosi sotto forma d’idrocarburi e fossili calcarei. Basta pensare al fatto che ogni organismo (che è in stato di salute) è potenzialmente in grado di “tradurre” la natura fisica dei segnali provenienti dall’esterno, grazie all’acuta sensibilità recettiva dei suoi organi vitali. Un esempio ne è che, la rarefazione dell’aria che colpisce i nostri timpani, e gli stessi fotoni che impattano sulla nostra retina in situazioni di pericolo (ad es. nel momento in cui sentiamo e vediamo una biscia strisciarci vicino), vengono trasformati dal nostro apparato fisiologico (ed ormonale) in livelli elevati di adrenalina. Questa trasformazione, afferma Lewontin, è dovuta al fatto che apparteniamo a una specie che fa comunque riferimento a specifiche strutturali proprie dei mammiferi. Ecco un altro fatto che dimostra come siano «gli organismi a scegliere, e trasformare, il loro ambiente anche quando ne sono influenzati. La selezione è l’esito di determinate interazioni tra organismo e ambiente, e non l’azione di un agente su un oggetto passivo».⁴⁶

Potrebbe sembrare questo quadro generale riveli troppo poco sul “come” gli organismi possano essere (attraverso la propria attività quotidiana), sia gli attori che i reagenti nel e del proprio *milieu* ambientale .

46 Oyama S., *L’occhio dell’evoluzione, una visione sistemica della divisione fra biologia e cultura*, ediz. it. a cura di Pievani T., Roma, Fioriti, 2004, p. 81; ediz. originale: *Evolution Eye; A Systems View of the Biology-Culture Divide*, Duke University Press, 1998.

La vita è un sistema altamente interconnesso; noi sappiamo ancora troppo poco sul come tali interconnessioni operino in realtà.

8 - Conclusione.

La nostra principale attitudine per conoscere il vivente, pone le sue basi su diverse tipologie di osservazioni e di sperimentazioni, capaci di rivelare (in maniera più o meno diretta) come gli organismi si comportino - e con quali modalità interagiscono - con l'ambiente di riferimento. In merito, il nostro genetista sostiene che una politica ecologica svolta in modo razionale, richiede che la ricerca e la conoscenza dei fatti debba mantenere sempre una "costante vigilanza" rispetto a quanto è osservato e testato. Quest'attitudine è necessaria per non creare in seguito metafore fallaci che, se strumentalizzate, potrebbero condurre a elementi e punti problematici.⁴⁷

Tuttavia, un'aporia si manifesta nel momento in cui ciascun ambito scientifico decide di rimanere isolato dagli altri, non rendendo espliciti i problemi presenti nei propri statuti. Forse, se ci fosse più interazione fra le varie discipline interconnesse, con il tempo i singoli punti problematici risulterebbero meno complessi, rendendo possibili eventuali risoluzioni.

Il problema sta nell'inquadrare un'evidenza biologica: l'essere umano non è in grado di tenere conto di tutte le variabili che ogni branca scientifica dovrebbe racchiudere nel suo statuto. Inoltre, se è vero che il mondo in cui viviamo è in costante cambiamento, questa sua caratteristica primaria indica di per sé che non è possibile suddividerlo in parti realmente "univoche". Lewontin nutre in sé la speranza che la scienza contemporanea riesca a raggiungere dei risultati migliori, così come delle conoscenze a prova di "dubbio cartesiano", imparando così a osservare (e lavorare) sull'integrità che è la base delle sue stesse premesse; su quando si trova nel «the whole». Secondo lui le fallacie argomentative si originano nel momento in cui

⁴⁷ Per approfondire l'argomento sull'utilizzo di metafore nella scienza, si veda il lavoro di E. Gagliasso, G. Frezza, *Metafore del vivente: linguaggi e ricerca scientifica tra filosofia, bios e psiche*, Milano, Franco Angeli, 2010.

un singolo dettaglio (o elemento) prende il sopravvento sugli altri.

Questo accade dopo che questo singolo elemento viene "scardinato" dalle relazioni complesse e dall'insieme dei vincoli ambientali che lo permeano. Così i problemi aumentano, senza che sia abbia la possibilità di riflettere davvero sulla loro intima natura: «we argue that the major failing of applied science have come about less from ignorance of the parts as a problem than by construing problems too narrowly and failing to look at the whole». (Lewontin R. & Levins R., *Op. cit.*, p. 204).

Da queste premesse è possibile riassumere che ex ante, non è possibile accettare un "ambiente" inteso come unicum (visto che la prima cosa da fare è eseguire un'analisi epistemologica dei fatti oggetto d'interesse), così come ex post non è possibile omettere che ogni specie (oltre agli esseri umani) costruisce, e distrugge ogni attimo alcuni "pezzi" del mondo in cui si sviluppa e perisce. È da qui che nuovi interrogativi insorgono e si frammentano, partendo dal nostro preciso "ambiente" osservato nel tempo e nello spazio. Di - e da - cui Lewontin cerca di coglierne l'integrità.

ArteScienza

Rivista telematica semestrale

<http://www.assculturale-arte-scienza.it>

Direttore Responsabile: Luca Nicotra

Direttori onorari: Giordano Bruno, Pietro Nastasi

Registrazione n.194/2014 del 23 luglio 2014 Tribunale di Roma

ISSN on-line 2385-1961

Proprietà dell'Associazione Culturale "Arte e Scienza"