

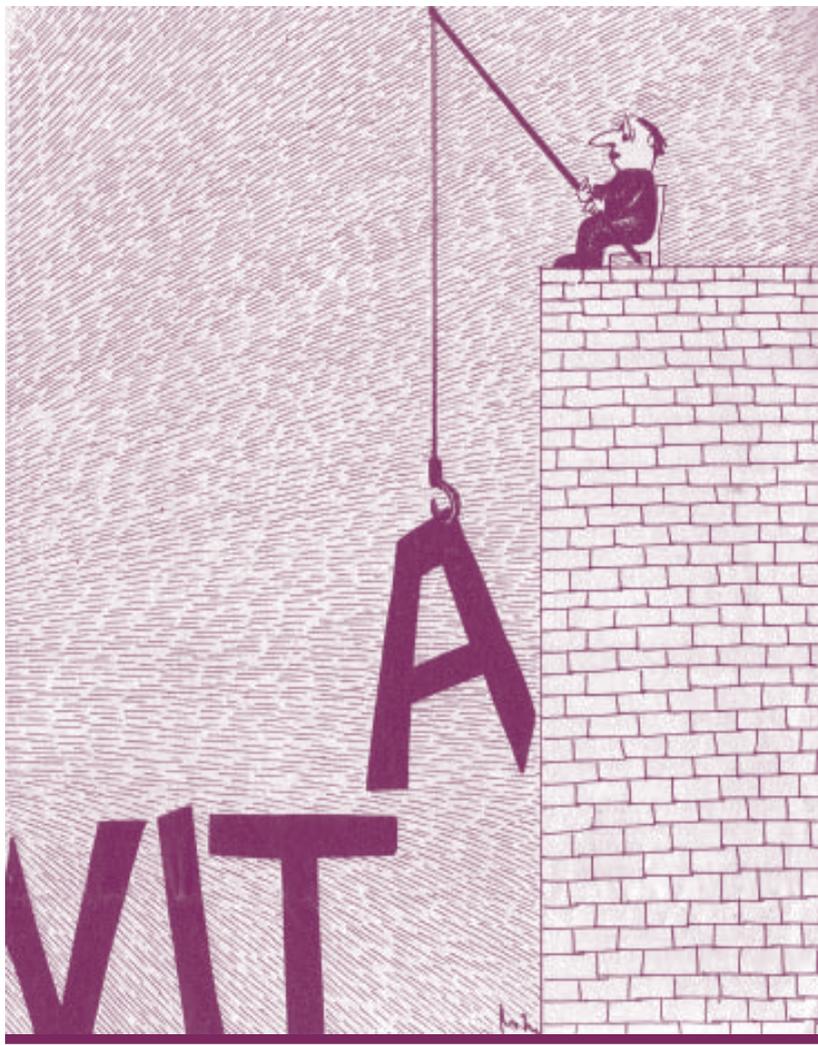
# NATURALMENTE

Fatti e trame delle Scienze

anno 22 • numero speciale • 2009

trimestrale

## Oltre il DNA?



NATURALMENTE  
*scienza*

# NATURALMENTE

anno 22 • numero speciale • 2009

**Spedizione:** Poste Italiane SpA - Spedizione in abbonamento postale - D. L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1, CB PISA

**Iscrizione** al ROC numero 16383

**Direttore responsabile:** Luciano Luciani

**Segretario di redazione:** Enrico Pappalettere ([e.pappalettere@alice.it](mailto:e.pappalettere@alice.it))

**Curatore di questo numero:** Fabio Fantini

**Redazione:**

Sandra Bocelli, Francesca Civile, Brunella Danesi, Tomaso Di Fraia, Fabio Fantini, Isabella Marini, Lucia Stelli, Vincenzo Terreni, Marco Zuffi

**Proprietà:** ANISN - Pisa c/o Museo di Storia naturale e del Territorio, Via Roma, 79 - 56011 Calci (Pi)

**Impaginazione:** Vincenzo Terreni ([terreni@naturalmentescienza.it](mailto:terreni@naturalmentescienza.it))

**Stampa:** La bottega della stampa, la Capannina, Lari (Pisa)

**Abbonamenti:**

- CC POSTALE: n. 95772273, per bonifici IBAN: IT10J076011400000095772273

intestato a Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali - Pisa

- FINECO IBAN: IT53U030150320000002514608,

intestato a Terreni Vincenzo NATURALMENTE.

Ordinario 20,00 euro, sostenitore 35,00 euro, Scuole, Associazioni, Musei, Enti ecc. 27,00 euro, biennale 36,00 euro, estero 40,00 euro; singolo numero 8,00 euro; numeri arretrati 12,00 euro; copie saggio su richiesta previo invio di 5 euro in francobolli per rimborso spese postali.

**Registrato** il 25 febbraio 1989 presso il Tribunale di Pisa al n. 6/89

**Informazioni:** [www.naturalmentescienza.it](http://www.naturalmentescienza.it)

050/571060-7213020; fax: 06/233238204

Un ringraziamento particolare alle case editrici

**ZANICHELLI** e **BOVOLENTA**

per l'aiuto alla realizzazione di questo numero.

**Illustrazioni**

Mitra Divshali: pagine 1, 3, 8, 17, 36, 101, 102, 106.

Nicholas Wade: pagine: 7, 12, 51, 66, 74, 82, 87, 96, 108.

NATURALMENTE  
scienza

## Indice

### 4. **Oltre il DNA?**

Redazione

9. **L'alfabeto, la Macchina e il DNA** L'incompletezza causale della teoria della programmazione in biologia molecolare  
Giuseppe Longo, Pierre-Emmanuel Tendero

### 76. **A proposito di...**

Luciano Cozzi

### 78. **La melodia del DNA**

Giuseppe Barbiero

### 84. **Origini ?**

Alessandro Minelli

### 89. **Dal programma ai programmi per l'adattamento**

Marcello Buiatti

### 98. **Alcune considerazioni sull'articolo di Longo e Tendero**

Fabio Fantini

### 103. **Questioni di incompletezza "laplaciana", non di inutilità...**

Giuseppe Longo



# Oltre il DNA?

REDAZIONE DI NATURALMENTE

Nella ricerca, come nella didattica delle discipline scientifiche, la ripetuta conferma dell'ortodossia fornisce una gradevole sensazione di sicurezza, ma alla lunga rende la vita noiosa. Nella pratica della ricerca scientifica, i dati sperimentali che mettono in discussione la teoria ortodossa, il cosiddetto paradigma dominante, sono confinati in una sorta di zona d'ombra. La conservazione dei dati imbarazzanti nella zona d'ombra consente l'utilizzazione corrente della teoria; allo stesso tempo, i dati eterodossi non vanno perduti e potranno contribuire alla formulazione, in un eventuale momento successivo, di una teoria più generale.

Una riflessione critica sul valore epistemologico del paradigma della moderna biologia è iniziata già da qualche tempo, in forma più o meno sommessa. Benché sia ancora prematuro, e forse inappropriato, parlare di rivoluzione scientifica, non mancano gli stimoli perché si avvii una riflessione di grande interesse anche dal punto di vista delle ricadute sulla didattica della biologia.

Su NATURALMENTE sono spesso comparsi articoli connotati da vivaci considerazioni critiche nei confronti del paradigma centrale della biologia contemporanea, che è come dire della biologia molecolare. L'articolo cui è dedicato questo numero speciale rappresenta un contributo nella stessa direzione. Si tratta però di un contributo dalle caratteristiche molto particolari, non solo per la sua ampiezza. L'analisi critica della biologia molecolare è condotta, infatti, da un punto di vista inusuale, quello di un matematico e di un informatico della École Normale Supérieure di Parigi, Giuseppe Longo e Pierre-Emanuel Tendero.

La redazione di NATURALMENTE ritiene che l'articolo di Longo e Tendero rappresenti un'importante occasione per avviare una discussione sui fondamenti epistemologici della biologia moderna. Per questo motivo abbiamo deciso di dedicare all'articolo un

numero speciale e di chiedere ad alcuni docenti e ricercatori di fornire un primo contributo alla riflessione. Brevi commenti di Giovanni Barbiero, di Marcello Buiatti, di Luciano Cozzi, di Fabio Fantini e di Alessandro Minelli completano questo numero speciale. L'ortodossia della biologia molecolare si esprime sinteticamente nelle affermazioni seguenti:

- i sistemi viventi, caratterizzati da variabilità, sono il prodotto di un lungo processo storico nel corso del quale le condizioni ambientali hanno determinato la sopravvivenza differenziale di alcuni individui, capaci di trasmettere ereditariamente le proprie caratteristiche ai discendenti;
- la trasmissione ereditaria dei caratteri avviene per mezzo di un substrato fisico passato con la riproduzione da genitori a figli e contenente informazioni codificate capaci di guidare i processi metabolici che portano ai caratteri responsabili della sopravvivenza differenziale;
- le informazioni sono codificate nel substrato fisico grazie alla sua natura discreta e sono soggette ad alterazioni accidentali casuali, cioè indipendenti dalle caratteristiche dell'ambiente, responsabili della variabilità dei sistemi viventi.

Queste tre affermazioni molto generali, che vanno lette come uno schema ricorsivo, sono integrate da una miriade di specificazioni riguardanti la natura del substrato fisico grazie al quale avviene la trasmissione ereditaria dei caratteri, le modalità di decodifica dell'informazione, la possibilità di trasmissione dell'informazione per via diversa da quella generazionale ecc.

La teoria del vivente, schematicamente riassunta nelle righe precedenti, ha incontrato un successo crescente nel corso del secolo passato, perché si è rivelata di grande valore euristico. Non esiste campo della biologia in cui le nuove ricerche che si andavano effettuando non abbiano contribuito, a volte in modo imprevisto, a consolidare l'edificio della biologia molecolare.

Come è bene noto, in particolare ai lettori di *NATURALMENTE*, i paradigmi della biologia molecolare hanno avuto il loro corrispet-

tivo nella didattica della biologia. Si potrà criticare l'uso prevalente di modellizzazioni un po' meccaniche, ad esempio per quanto riguarda il processo di sintesi delle proteine, così come la prudenza con cui si propone agli studenti il modello generale del vivente, che spesso sfugge alla consapevolezza perché coperto dai dettagli dei singoli processi metabolici studiati. E si può ugualmente convenire sul fatto che molti processi metabolici siano presentati, nella didattica corrente, in modo apodittico, mirando più all'accettazione poco o per nulla critica da parte dello studente che a una riflessione di ampio respiro, in un contesto, va ancora ammesso, dove il confine tra modello e metafora è sempre stato piuttosto sfumato. Tutto vero, sicuramente, ma crediamo che chiunque abbia vissuto come noi la "rivoluzione molecolare" nella scuola italiana consideri con favore il salto qualitativo nei contenuti offerti agli studenti nel corso dell'ultimo mezzo secolo.

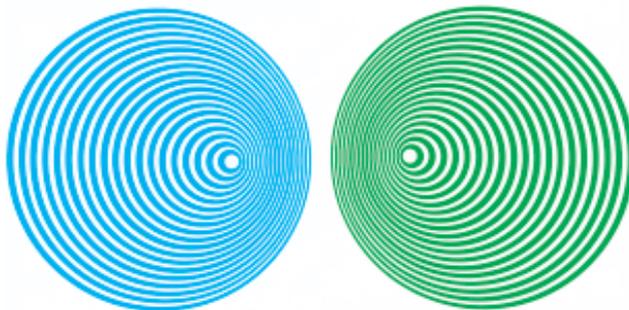
Si può ben capire che anche i docenti di biologia, per quanto spesso portati ad apprezzare posizioni eterodosse rispetto al paradigma scientifico dominante, siano legati al modello genocentrico del vivente fornito dalla biologia molecolare. Un modello, occorre non dimenticare, che ha contribuito non poco a sprovvincializzare la cultura scientifica del cittadino italiano e a fare perdere ai sistemi viventi quell'aura di ineffabile separatezza rispetto al mondo fisico che la cultura idealista aveva loro attribuito.

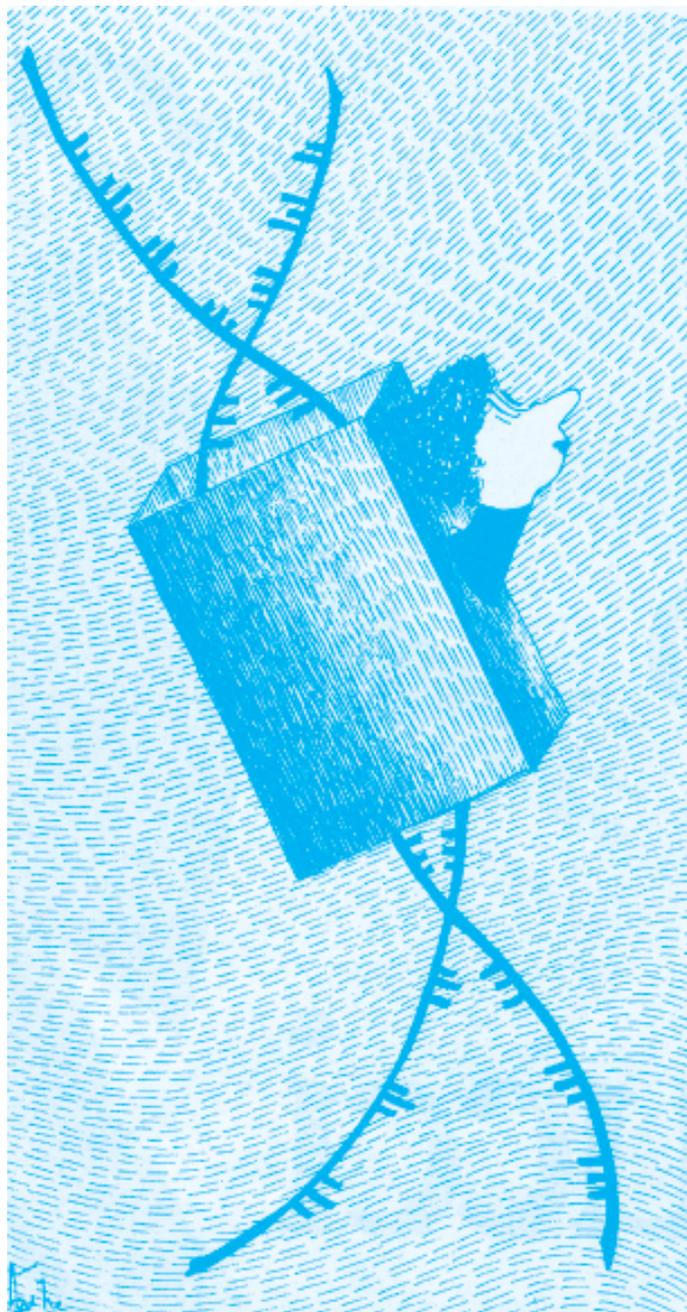
Dagli anni Novanta nel campo della ricerca, e da qualche anno a questa parte anche nella didattica, alcune certezze del modello genocentrico hanno iniziato a incrinarsi. Inizialmente si è rivelata sbagliata una delle schematizzazioni forse più comode dal punto di vista didattico, cioè che gli organismi fossero diversi perché possedevano geni diversi. L'impatto della biologia molecolare nello studio dell'embriologia ha prodotto non solo la nascita dell'*evo-devo*, ma anche la consapevolezza che sono ben pochi i geni specie-specifici.

Allo stesso tempo è emersa una crescente quantità di dati in discordanza con il cosiddetto "dogma centrale" della biologia

molecolare, da sempre una delle affermazioni più controverse dell'intera teoria. E non è il caso di ricordare in questa sede i risultati, a volte sorprendenti, ottenuti dal sequenziamento dei genomi di un numero crescente di specie, dati ben noti ai lettori. In definitiva comincia a essere messo in discussione il ruolo del DNA come *deus ex machina* della biologia, garante unico e assoluto della dialettica tra fedeltà della riproduzione e variabilità. Se questa messa in discussione implicherà un ridimensionamento del ruolo del DNA oppure un suo ampliamento, la sua sostituzione con una pluralità di agenti oppure una impostazione completamente rinnovata del problema della trasmissione dei caratteri ereditari è troppo presto per dirlo. Ciò che sembra indubitabile è che si sta avviando un periodo di profonda riflessione scientifica ed epistemologica e che noi abbiamo la fortuna di assistervi.

Le riflessioni di Giuseppe Longo e Pierre-Emanuel Tendero mettono in discussione alcuni aspetti della costruzione del sapere biologico ortodosso che siamo abituati a dare per scontati. La confutazione di un modello dotato di solida coerenza interna, sviluppato in modo del tutto indipendente dalle teorie evolutive, ma perfettamente integrato con esse, fa sobbalzare il lettore e lo mette in crisi, ma lo stimola anche a ricordare che nessuna teoria scientifica è definitiva. Non si può dire che la lettura dell'articolo di Longo e Tendero sia agevole, ma non è mai noiosa e occorre riconoscere che la spesa vale l'impresa.





# L'alfabeto, la Macchina e il DNA

## L'incompletezza causale della teoria della programmazione in biologia molecolare (1)

GIUSEPPE LONGO, PIERRE-EMMANUEL TENDERO

*L'immensa difficoltà di analisi dei fenomeni del vivente spinge spesso il ricercatore a ricorrere alla metafora, prima di (anzi: invece di) proporre un modello, nel senso fisico-matematico del termine. Questa attitudine, rara in fisica, si giustifica con la minore matematizzazione delle scienze del vivente, dove la variabilità si coniuga all'invarianza, la non-stazionarietà o genericità delle evoluzioni possibili prevale sulla specificità delle geodetiche, che sono curve ottimali, minimali per l'azione, come prodotto dell'energia per il tempo. Queste ultime sono proprietà essenziali degli approcci matematici alla fisica (si rinvia a (Bailly, Longo, 2006)). Ora, il modello semplifica, la metafora complica (Nouvel, 2002). La metafora aggiunge informazione, fa riferimento ad un (altro) quadro concettuale pregnante, un universo di metodi e di conoscenze che si trasferisce su quello di partenza. Essa può essere utile, anzi necessaria, ma bisogna cercare di comprendere le sue conseguenze, in particolare i metodi, i concetti e la storia che si trasferiscono così sull'oggetto di studio. Di più, quando si fa riferimento a una metafora esplicativa, questa diventa l'oggetto di una seduzione per il pensiero. Allora, se si utilizza come suggestione per la soluzione di una questione filosofica, si arriverà, a causa di questa confusione, a far sembrare questa metafora come una conseguenza filosofica dell'analisi scientifica (Nouvel, 2002).*

*Discuteremo qui alcuni aspetti di due metafore comuni per il ruolo e l'azione del genoma, proponendo anzitutto quadri storici e concettuali inerenti alle nozioni utilizzate metaforicamente, l'alfabeto e il computer digitale con i suoi programmi. Tenteremo anche di abbozzare un'analisi critica di certi dati empirici sulla struttura del DNA, coscienti dei limiti della nostra scelta, forse arbitraria, nell'immensa ricchezza della letteratura sul soggetto. In particolare, metteremo in evidenza le insufficienze concettuali di una strutturazione causale dell'ontogenesi in termini di teoria della programmazione, con le sue*

*nozioni proprie di determinazione/deduzione. Ci interrogheremo anche sulla possibilità di proporre un'analisi dell'ontogenesi a partire dai metodi usuali della fisica, come l'analisi differenziale dei parametri e degli osservabili.*

## **1. L'alfabeto, in poche linee**

In (Havelock, 1976; Herrens Schmidt, 1996) si racconta la storia affascinante della nascita della scrittura, a partire dai simbolismi magici e dall'ideogramma, fino alle notazioni sillabiche e all'alfabeto. Quest'ultimo, una grande svolta che caratterizza la nostra cultura, è un passaggio straordinario verso l'astrazione. Il flusso del linguaggio, un canto continuo, è spezzettato in frammenti senza significato, lettere, consonanti, che non devono avere significato, né storia. Contrariamente al geroglifico, all'ideogramma, la lettera, componente elementare (indecomponibile) dell'alfabeto, è molto semplice e non significante; per contro un ideogramma, anche elementare, può essere molto complesso nella sua struttura o nel suo rapporto al significato evocato. Per di più, l'alfabeto costringe ad un dualismo nuovo: si distingue il pensiero organizzato nella lingua (scritta) dall'oggetto del pensiero, dal mondo; di fatto, il soggetto conoscente dall'oggetto da conoscere. Qui la sequenza di segni senza significato, lì il significato, ben distinti.



**...continua...**

## 2. La macchina

La forza dell'alfabeto, questa guida per il pensiero, da Aristotele a Cartesio e ai sistemi aritmetizzanti dei formalismi logici moderni, ci ha dato la più formidabile delle scienze al mondo: l'intelligibilità del complesso tramite la sua scomposizione in componenti elementari e semplici, atomici, indivisibili e certi, privi delle ambiguità del senso. E la Macchina di Turing (MdT), il computer digitale, sarà l'apoteosi moderna della cultura alfabetica, sintesi ultima della scienza di Democrito, Galileo, Cartesio e Laplace. Ma non bisogna ingannarsi: la MdT, il computer moderno, è sicuramente alfabetico, codificazione del mondo in un alfabeto di 0 e 1, *ma si è specificato in un modo molto particolare*. Ha la sua origine in una storia molto ricca, che mischia la cultura degli orologi meccanici, la logica booleana e soprattutto *la svolta aritmetica nei fondamenti delle matematiche*. E' il "delirio" (Frege, 1884) proposto dalle geometrie non euclidee (la geometria riemanniana in particolare), la catastrofe del loro significato nello spazio sensibile, che spinge i padri della logica moderna verso un fondamento delle matematiche esclusivamente logico-formale, senza rapporto con lo spazio e il tempo, un rapporto così fortemente messo sulla cattiva strada dalla perdita, dopo Riemann, dell'unità degli spazi dell'intuizione sensibile e fisica, propri allo spazio di Euclide e di Cartesio, l'assoluto di Newton. L'Aritmetica di Dedekind-Peano dovrà essere allora, per Frege e Hilbert, la *bottom line* di ogni certezza. Il numero intero, concetto assoluto (Frege) o nozione formale nel quadro di una teoria dimostrabilmente non contraddittoria *con i propri mezzi* (Hilbert), al di fuori dello spazio e del tempo, al di fuori del mondo, deve garantire i fondamenti certi, elementari e semplici di tutto l'edificio delle matematiche, una volta ricostruiti o codificati in Aritmetica, il continuo dell'Analisi (Cantor-Dedekind, 1880) e di tutte le geometrie (Hilbert, 1899).

...continua...

### 3. II DNA

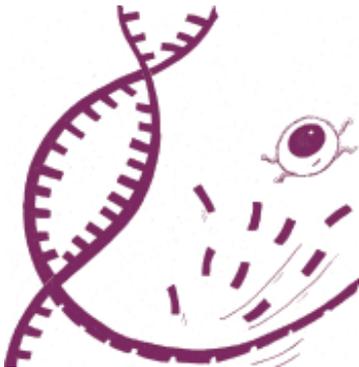
La teoria della calcolabilità dà certezze perché è ben ancorata all'elementare e al semplice e raggiunge il molto complicato con la composizione del semplice. Analizzeremo criticamente il ricorso alla nozione di programma genetico in quanto quadro di interpretazione dei legami che uniscono un elementare molto complesso, la cellula vivente, (a quella componente discreta così importante dei sistemi biologici che è il DNA. Nel seguito di questo paragrafo ci interesseremo più particolarmente alla questione del ruolo fisiologico dei geni e ci interrogheremo in un primo tempo sulle definizioni successive che ne sono state proposte, così come sulla compatibilità di queste definizioni tra loro (3.1). Cercheremo di mettere in evidenza il fatto che, malgrado le asserzioni storiche reiterate della genetica, l'esistenza di un legame di causalità diretta tra geni e caratteri non può essere solidamente stabilita sulla sola base dei dati sperimentali, nella misura in cui questi ultimi si presentano *a priori* come il risultato di esperienze *differenziali*, in un senso che cercheremo di chiarire grazie a referenze mutuata dalla fisica e dall'informatica. La questione principale che ci occuperà sarà allora quella di sapere se esiste un quadro teorico adeguato che permetta di conciliare le asserzioni della genetica (classica, ma anche molecolare) con i fatti sperimentali.



...continua...

#### 4. La macchina e il DNA

Ma allora, si può ancora credere che il DNA sia un programma nel senso dell'informatica? E che sia alfabetico? Ritorneremo anzitutto sulla nozione di programma genetico. Come dice giustamente Danchin, si tratta qui *di una metafora*, da prendere come suggestione per l'intelletto, poiché il DNA non è una costruzione umana, pratica o concettuale, come l'alfabeto o la MdT. Ma quando si proietta all'indietro, sui fenomeni naturali, una costruzione umana (l'alfabeto, gli orologi, la macchine...), bisogna riflettere, come noi abbiamo provato a fare, sulla storia costitutiva di queste costruzioni, molto ricche di pratiche umane e anche di logiche interne, che ne contraddistinguono il senso e il ruolo possibile per l'intelligibilità.



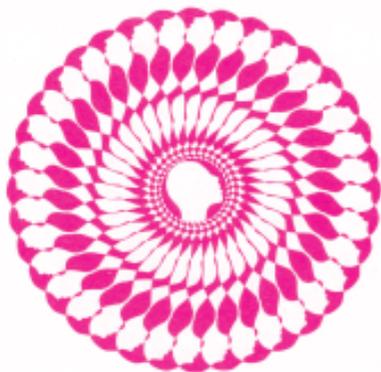
...continua...

## 5. L'alfabeto e il DNA

Che senso dare ora alla metafora “il DNA, struttura alfabetica della vita”? Certamente questa metafora impegna meno di quella di Macchina logico-formale, nel senso di Aristotele-Cartesio-Newton-Laplace-Turing (!); un senso troppo forte, troppo ricco di storia e di determinazioni spesso incompatibili tra loro. Così, in una certa misura, si può difendere l'idea secondo cui le lettere sono davvero là, nel DNA, che la loro struttura discreta e “senza significato” è ben visibile, e che in un certo senso compongono anche delle parole (i geni?). Ma che cosa e come significano queste parole? L'alfabeto, lo abbiamo detto, *si esprime tramite il fonema*: la parola, il canto si legano in un contesto di significato. E ci sono, in questo senso, sforzi notevoli dei grammatici per darci delle “regole” per passare da una serie di lettere al fonema -e di là al senso- e reciprocamente. Ma queste regole, nella loro modesta generalità, sono delle *co-costruzioni, dei geodeti della storia: non preesistono alla lingua*. La scrittura alfabetica ha irrigidito l'idioma, il flusso continuo della comunicazione, per quanto fare si può con le lingue vive. Nella fissazione pratica, lunga costruzione storica che è passata dal simbolo magico, comunicativo, significante, l'ideogramma, alla sillaba e infine al *pitch* vocale isolato per mezzo della consonante scritta, si sono estratti gli invarianti, le regole, un *a posteriori* di una pratica della comunità umana comunicante. Regole più o meno stabili, sicuramente non perfettamente stabili e forzatamente incomplete. Le regole di lettura catturano un frammento dei suoni possibili in una lingua: il frammento che diventerà la lingua colta o standard. Un dialetto è spesso impossibile da scrivere: l'uso fonetico dominante esclude gli altri, che non hanno regole di scrittura o che per esprimersi violano le regole. Ci si potrebbe vedere quasi il ventaglio delle possibilità dell'espressività genomica. Infatti le lingue vive sono... vive, proprio come la cellula. Un flusso dinamico simile, globalmente (relativamente) stabile ma capace di cambiamenti radicali nel tempo; localmente integrato a eccezioni, che non sono necessariamente mostruose, poiché potranno generare un'espressi-

vità nuova che può diventare la nuova regola, anzi una nuova lingua. Ecco questo paesaggio di geodeti possibili anzi, di percorsi generici: tutte le possibilità sono forse esplorate nella storia dell'espressione fonetico-significante di una lingua scritta. Le regole, le leggi, sarebbero dunque delle co-costruzioni della frizione di strutture di volta in volta rigide e plastiche, il risultato di pratiche storiche.

Ma allora, sì, guardiamo per il momento la metafora “il DNA è un alfabeto”, le cui regole, assai poco stabili, sono state costituite a partire da certe eccezioni essenziali alla dinamica globale, in cui la differenza tra regole e ventagli di eccezioni possibili sarebbe essenzialmente statistica, secondo distribuzioni che mutano nel corso dell'evoluzione. Se le lingue naturali hanno somiglianze con queste evoluzioni storiche, niente di simile è descritto in fisica; anche le cascate di fenomeni critici, che dipendono da una storia, non permettono di rendere conto di nozioni così fondamentali per la biologia come quella di funzione o di patologia, alla base delle evoluzioni possibili.



...continua...

## A proposito di...

LUCIANO COZZI

Longo e Tendero delineano, nel loro *L'alphabet, la Machine et l'ADN: l'incomplétude causale de la théorie de la programmation en biologie moléculaire*, una critica radicale a tutta la genetica e la biologia molecolare del '900. La loro è una posizione anche più estrema di quanto possa apparire a una lettura superficiale, eppure non è del tutto immotivata. Essi colgono nel segno quando puntano il dito contro la tendenza di molti biologi ad accettare in modo semplicistico e acritico metafore importate da altre discipline, segnatamente la nozione di "programma" applicata all'espressione delle informazioni contenute nel DNA. Condivisibile è anche la critica al modo in cui alcuni concetti fondamentali, come quello di gene, crescono nel tempo, più per giustapposizione, che per sintesi. Questa cattiva abitudine lascia infatti irrisolti diversi nodi problematici e dà la sensazione che la ricerca abbia saputo spiegare più di quanto abbia fatto in realtà.

Si tratta di critiche non particolarmente innovative nel merito: da decenni si rimprovera alla biologia molecolare di affidarsi ad un infondato determinismo genetico e di indulgere in semplificazioni fuorvianti. Non a caso tra i ricercatori citati dai due autori ci sono alcuni tra i più noti critici dell'ortodossia genetica: il Lewontin co-autore dei *Pennacchi...* con Gould, il morfologo Goodwin, l'eretico Goldschmidt, il Simpson che rifiutava il gradualismo.

...continua...

# La melodia del DNA

GIUSEPPE BARBIERO

Una bella favola serve a trasmettere informazioni e valori che si ritengono importanti per lo sviluppo psico-affettivo di un bambino e attraverso la favola il bambino scopre codici di interpretazione della realtà utili alla sua crescita. Credere però alle favole può diventare pericoloso in età adulta. L'articolo di Longo e Tendero (2008) propone una serrata critica ad una delle favole più belle delle scienze della vita: l'idea che il DNA sia un *software*, un programma nel senso proprio delle scienze informatiche. Intendiamoci: la metafora del software può essere *didatticamente* efficace se esplicitata come tale, e bene fanno gli insegnanti di scienze ad utilizzarla. Ma la relazione DNA-software traccia una diafora che è totalmente fuorviante per la biologia molecolare. Longo e Tendero analizzano le difficoltà epistemologiche insite nella costruzione di una teoria del vivente basata su programmi-macchina dove “quasi tutto è correlato a quasi tutto”, dove vi è un continuo rimando tra fatti ed eventi in una progressione storica che chiamiamo evoluzione, dove addirittura le tracce della storia filogenetica vengono progressivamente cancellate nella memoria molecolare del DNA. Bisogna ammetterlo: una teoria complessiva di quello che Marcello Buiatti chiama *stato vivente della materia* (Buiatti, 2001) trascende le attuali possibilità della fisica e soprattutto dell'informatica. Per questo Longo e Tendero chiedono ai biologi maggior coraggio nell'“urlare la specificità del loro bisogno teorico”, invocando una separazione concettuale netta dalle teorie della fisica attuale, come lo chiedeva già Ernst Mayr (2005) nel sostenere l'indipendenza epistemologica delle scienze della vita.

...continua...

# Origini?

ALESSANDRO MINELLI

Sul finire dello scorso secolo, nell'ambito delle scienze della vita ha cominciato a prendere forma l'indirizzo di studi al quale generalmente ci si riferisce con l'espressione colloquiale di biologia evo-devo, forma abbreviata dell'espressione inglese *evolutionary developmental biology*, cioè biologia evoluzionistica dello sviluppo.

Che l'intersezione fra questi due aspetti fondamentali della biologia avesse bisogno di un'etichetta propria e, ancor più, che il loro incontro abbia tardato a realizzarsi fino a tempi a noi molto vicini, è certo una situazione che può destare meraviglia. Le radici del lungo divorzio fra biologia evoluzionistica e biologia dello sviluppo, tuttavia, sono piuttosto remote: risalgono infatti agli anni in cui prese forma la cosiddetta 'sintesi moderna' della biologia evoluzionistica. In quel momento della sua storia, questa disciplina aveva trovato nella genetica un prezioso alleato con l'aiuto del quale era possibile riprendere il messaggio darwiniano, rendendo finalmente accessibile alla sperimentazione l'opera della selezione sulla variabilità delle popolazioni.

...continua...



# Dal programma ai programmi per l'adattamento

MARCELLO BUIATTI

In teoria le scienze dovrebbero procedere in modo galileiano partendo dalle ipotesi, verificandone la correttezza attraverso gli esperimenti, cambiandole in funzione di questi con nuove ipotesi e così via, in un continuo alternarsi di pensiero umano e di verifica con la realtà materiale della natura. Se così fosse non dovrebbero esserci contenziosi nella scienza, ma questa dovrebbe scorrere verso un continuo ampliamento delle conoscenze e una altrettanto continua modifica delle ipotesi e dei concetti che ne derivano. Così non é nella realtà, per la tendenza delle donne e degli uomini di scienza ad affezionarsi alle proprie ipotesi e a difenderle talvolta anche con protervia, combattendo ferocemente chi le mette in dubbio. Solo pochi ricercatori sembrano avere compreso la rilevanza di questo problema anche se fra questi fra questi spicca Charles Darwin che nella sua autobiografia afferma *Per quanto io possa giudicare.....io ho sempre cercato di mantenere la mia mente libera in modo da abbandonare ogni ipotesi per quanto amata... non ricordo nessuna ipotesi che io abbia formulata che non sia stato costretto dopo un certo periodo di tempo di abbandonare o modificare radicalmente.*

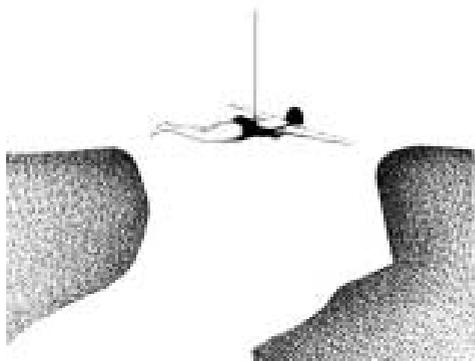


...continua...

# Alcune considerazioni sull'articolo di Longo e Tendero (L&T)

FABIO FANTINI

Ho frequentato gli studi universitari in un periodo di grande fermento culturale, in cui molti docenti incoraggiavano gli studenti a spaziare in tutti i campi disciplinari, compresa l'allora nascente scienza dei calcolatori. In una di queste scorribande intellettuali, mi imbattei in un libro, allora già vecchio di qualche anno, che descriveva il mondo del calcolo elettronico a un bivio nella scelta tra calcolatori digitali e calcolatori analogici. Ognuno sa come è finita e già mentre io leggevo quel libro era chiaro che il futuro non sarebbe stato di macchine per le quali tre per due faceva «circa sei». E però non posso fare a meno di domandarmi cosa sarebbe stato dell'informatica, della biologia e del loro reciproco scambio di modelli e di metafore se i calcolatori avessero processato, anziché lunghe serie di discretissimi 0 e 1, tensioni elettriche variabili con continuità. Avrebbe la biologia evitato le invitanti scorciatoie dei modelli rigorosamente deterministici e si sarebbe giovata di strumenti più flessibili e meglio adatti a descrivere la complessità degli organismi viventi? Si sarebbe sviluppata una matematica capace di tenere conto di condizioni lontane dall'equilibrio e di una sostanziale imprevedibilità dei fenomeni studiati?



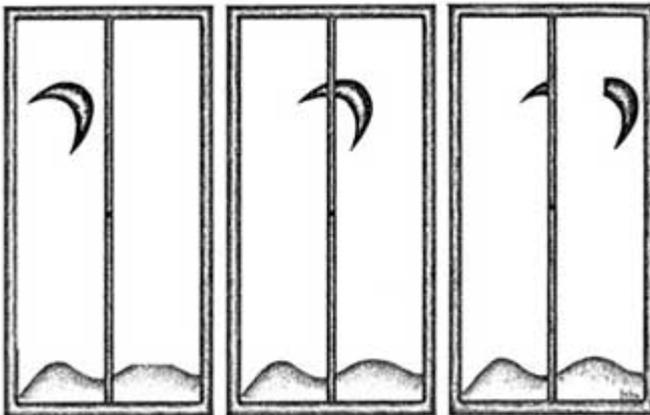
...continua...

# Questioni di incompletezza “laplaciana”, non di inutilità...

GIUSEPPE LONGO

“Paragonando le strutture delle fibre cromosomiche al testo di un codice, si vuol significare che la mente universale, di cui parla Laplace, ... potrebbe dire dalla loro struttura se dall’uovo si svilupperà un gallo nero od una gallina maculata, una mosca od una pianta di granoturco...” scrive Schrödinger, nel 1944. Schrödinger lancia così l’idea della comprensione, metaforico-scientifica, dei cromosomi come *code-script*, informazione ereditaria codificata. E, da fisico quale è, ne coglie l’implicita natura laplaciana (e fa esempi prudenti e plausibili). Il suo breve libro esplora questa ed altre ipotesi, ancor più interessanti; è spesso contraddittorio, sempre informale e profondo (v. [Bailly et al., 2009]; [Longo, 2009]).

Malgrado la sua lucidità, Schrödinger non sembra essere al corrente dell’ipotesi “un gene - una proteina” (in [Beadle et al., 1941]; gli verrà rimproverato da Pauling, nel... 1987, v. rif.) e, tanto meno ovviamente, del “dogma centrale della biologia molecolare” (l’informazione passa sequenzialmente e unidirezionalmente dal DNA all’RNA alle proteine e, quindi, struttura l’organismo [Crick, 1958]).



...continua...

## **Gli Autori**

### **Giuseppe Longo**

Già ordinario di Informatica, Università di Pisa, dal 1990 Directeur de recherche CNRS e docente presso l'Ecole Normale Supérieure e l'Ecole Polytechnique di Parigi.

### **Pierre-Emmanuel Tendero**

Titolare di un Master in Matematica e di uno in Biologia, Dottorando in Matematica, Ecole Polytechnique di Parigi.

### **Luciano Cozzi**

Docente di Scienze Naturali nella scuola superiore a Milano, si occupa di Evoluzione, Biologia molecolare, didattica e divulgazione.

### **Giuseppe Barbiero**

Biologo, dottore di ricerca in Patologia sperimentale e molecolare, Università di Torino. Ricercatore di Ecologia nella Facoltà di Scienze della Formazione, Università della Valle d'Aosta.

### **Alessandro Minelli**

Ordinario di Zoologia all'Università di Padova, si occupa di biologia evoluzionistica e di sistematica. Fra l'altro ha pubblicato: *Forme del divenire. Evo-devo: la biologia evoluzionistica dello sviluppo.*

### **Marcello Buiatti**

Ordinario di genetica all'Università di Firenze, ha lavorato in Gran Bretagna, e negli Stati Uniti. Si occupa di mutagenesi, citogenetica e riproduzione, genetica molecolare e evoluzionistica; biotecnologie e analisi dei processi biologici dinamici.

### **Fabio Fantini**

Docente di Scienze Naturali nella scuola superiore ad Ancona, autore di testi scolastici e redattore di NATURALMENTE.



NATURALMENTE  
*scienza*