

# NATURALMENTE

Fatti e trame delle Scienze

## Marcello Buiatti

*scienziato e amico di NATURALMENTE*

1990 “L’insegnamento della scienza contemporanea: la sfida della complessità”

1992 “Biologia: finalità innovative, contenuti arretrati”

1993 “Scienza e paradigmi sociali”

1995 “Razzismo e Biologia”

1995 Congresso Pisa “Il nuovo ruolo culturale e formativo delle Scienze Naturali contemporanee”

1997 “Buon compleanno”

2001 Recensione: “Lo stato vivente della materia, le frontiere della nuova biologia”

2005 Congresso Torino “Scienza e cultura, un rapporto difficile”

2004 Scuola estiva Viareggio L’attualità di Darwin”

2004 Intervista “Scienza, storia delle scienze, storia delle idee”

2009 Festa NAT “Dal programma ai programmi per l’adattamento”

*Credo che una delle ragioni fondamentali sia stata che i miei nonni erano contadini friulani e nel loro podere ho passato alcuni dei primi anni della mia vita.*

*Poi senz’altro mio padre, primo laureato della famiglia (in Agraria e in Veterinaria) che mi ha trasmesso completamente il suo affetto per i viventi e per la vita.*

*Affetto che forse è stato anche aumentato dal fatto che da bambino sono sopravvissuto all’olocausto e ne sono stato sempre molto contento.*

ASSOCIAZIONE NAZIONALE INSEGNANTI DI SCIENZE NATURALI  
Sezione di PISA

IRRSAE della Toscana · Provveditorato agli Studi di Pisa  
Provincia di Pisa Comune di Pisa  
Naturalmente

# L'INSEGNAMENTO DELLE SCIENZE NATURALI IN PROSPETTIVA

E' possibile una risposta dalle sperimentazioni?

9/10 marzo 1990 Centro di Documentazione e Ricerca Educativa  
Complesso "Marchesi" via Betti - PISA

## **9 marzo**

ore 8.30 Saluti e apertura dei lavori Alessandra MANNUCCI Presidente ANISN di PISA

Aldo BONDI: "Le sperimentazioni didattiche in Toscana"

Anna TONGIORGI: "I programmi di scienze naturali nei curricula tradizionali"

Marcello BUIATTI: "L'insegnamento della scienza contemporanea: la sfida della complessità"

ore 14.30

Enrico PAPPALETTERE: "Problematiche aperte dall'analisi delle sperimentazioni di scienze naturali"

ore 15.30 gruppi di lavoro

- 1) Ruolo delle discipline sperimentali nell'educazione scientifica e relazione tra quantità di contenuti e qualità dell'insegnamento
- 2) Rapporto tra l'attività di laboratorio e l'acquisizione delle conoscenze teoriche
- 3) Rapporto tra le discipline scientifiche e la cultura contemporanea

## **10 marzo**

ore 8.30 Relazioni dei gruppi di lavoro  
Dibattito e Conclusioni

*Questo programma è suscettibile di modifiche*

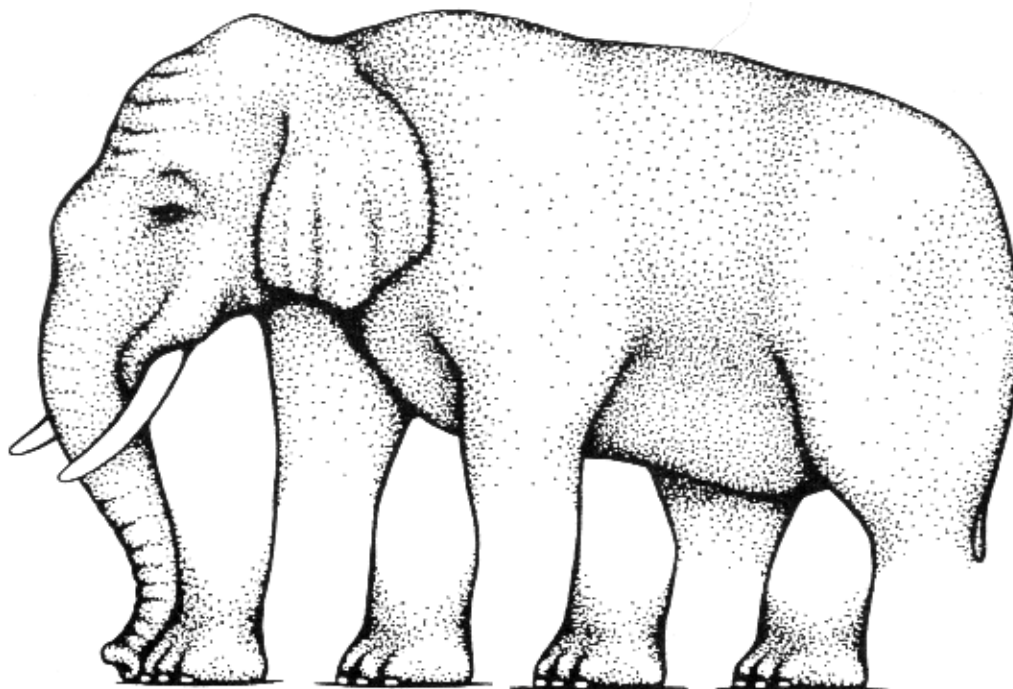
# NATURALMENTE

bollettino di informazione degli Insegnanti di Scienze Naturali

anno 5 · numero speciale · novembre 1992

quadrimestrale

- |   |   |
|---|---|
| <b>Editoriale</b><br>Catia Pardini  | <b>Nè sanitario, nè chimico, ma soltanto biologico</b><br>Anna Amati, Bruna Baggio    |
| <b>C'erano una volta.. le minisperimentazioni</b><br>Enrico Pappalettere      | <b>S. d. T.: Cenerentola delle disciplime sperimentali</b><br>Maria Teresa De Nardis, |
| <b>Il lascito Brocca-Mezzapesa</b><br>Giorgio Porrotto                        | <b>Chimica: un'occasione perduta</b><br>Giorgio Montagnoli                            |
| <b>Aggiornamento: riflessioni e ipotesi</b><br>Alessandra Mannucci            | <b>Nota sulla Chimica</b><br>Anna Valenti Fratoianni                                  |
| <b>Area di progetto: tra utopia e praticabilità</b><br>Fabio Olmi             | <b>La Fisica nei programmi Brocca</b><br>Elio Fabri                                   |
| <b>Biologia: finalità innovative, contenuti arretrati</b><br>Marcello Buiatti | <b>I programmi di Fisica</b><br>Affio Pelli   |
| <b>Commentario</b><br>Giovanni Cercignani                                     | <b>La Matematica</b><br>Donata Foà  |
| <b>Il peccato originale e la Biologia</b><br>Graziella Fucci                  | <b>Post scriptum</b><br>Vincenzo Terreni  |



# Biologia: finalità innovative, contenuti arretrati

E' elemento comune a molta della produzione legislativa italiana il partire da premesse e introduzioni avanzate e promettenti per finire, mano a mano che si scende nel concreto delle norme e dei contenuti, nella tradizionale arretratezza di un'italietta pedante, burocratica, miope e paurosa. Questa prassi deriva molto spesso dal lavoro precedente alla stesura delle leggi, di ricerca di accordi, e dal tentativo di accontentare in qualche modo i progressisti (nelle premesse) e i conservatori (nei contenuti), rifugiandosi spesso nella riposante riproposizione del passato e dello status quo, che evita la decisione fra possibili correnti contrapposte e tranquillizzagli esecutori sul fatto che ogni volta in realtà si cambia tutto senza cambiare nulla. I programmi delle materie biologiche per le scuole superiori (non parlerò qui della ristrutturazione operativa dei corsi, ma solo dei merito dei contenuti della proposta) confermano in pieno questa regola fino al punto di contraddire una serie di punti enunciati nella premessa "ideologica" (le-finalità dell'insegnamento-) già quando questa viene articolata nei fini specifici dei diversi indirizzi ed ancor più quando si parla di veri e propri contenuti. Le finalità generali dei Corsi di Biologia infatti appaiono come realmente innovative su una serie di punti di notevole interesse. Innanzi tutto sembra che si voglia finalmente codificare il fatto che la biologia è parte integrante della "lettura e interpretazione della realtà" e quindi componente essenziale ed "orizzontale" della cultura e del processo educativo. Non solo, ma il contenuto della biologia viene visto in senso critico e tenendo conto delle modificazioni intervenute nelle teorie biologiche durante la storia. Questo fatto, oltre a sancire implicitamente il legame fra scienze e storia e quindi la interdisciplinarietà, introdurrebbe concetti "rivoluzionari" per la nostra cultura apodittica quali quello della fallibilità della scienza e della sua dinamica e quindi della necessità di discutere anche le teorie scientifiche per modificarle, com'è acquisito invece che sia possibile fare solo in campo umanistico. Importante è anche la sottolineatura della peculiarità degli esseri viventi con l'introduzione del termine "complessità" (peraltro non a caso non spiegato, come vedremo) e della interdipendenza fra di essi, che appartengano o meno alla nostra specie. Ambiguo semmai, a questo riguardo, è il puntare alla sola "consapevolezza" di queste interazioni e di quelle fra biologia, tecnologia ed innovazione economica e sociale, e ad un "comportamento responsabile" di dubbia interpretazione (sappiamo bene cosa significhino da sempre queste parole nel gergo scolastico italiano e non solo italiano). E infatti, come risulterà dalla analisi dei contenuti, l'ambiguità di questi concetti non è che la premessa per il solito atteggiamento di cosiddetta "obiettività" di fronte ai problemi importanti, oggetto di

discussione nella società contemporanea, obiettività che in realtà significa rimozione e fuga dal dibattito. I pochi ma importanti buoni propositi che sono contenuti nelle finalità cominciano a mostrare profonde crepe già quando si passa alla descrizione dei fini specifici. A parte alcune stranezze come il fatto che chi frequenta gli indirizzi linguistico e scientifico si occupa di ecosistemi ma non studia la biosfera (sic!) colpisce il ritorno ad una profonda differenziazione fra le "due culture". Così, non esiste più un ruolo orizzontale della biologia per la cultura, ma un ruolo differenziato per la cultura scientifica (studiata da chi segue l'indirizzo corrispondente) ed un altro, diverso, per quella umanistica previsto nei fini specifici degli indirizzi classico, linguistico e pedagogico, indirizzi abilitati, a differenza dello scientifico e scientifico-tecnologico, anche allo studio del rapporto tra mente e cervello. L'eliminazione di questo importantissimo argomento dagli obiettivi di chi è interessato alla "scienza" è del resto solo una premessa ad una impostazione che vedremo meglio chiarirsi nei contenuti, che sembra individuare gli interessi biologici degli umanisti soprattutto in quella parte della biologia che studia l'uomo, mentre sarebbero gli "scienziati" ad essere indirizzati ad uno studio più complessivo degli esseri viventi. Ora, se è ovvio che i diversi indirizzi non possono essere uguali nei contenuti, è altrettanto ovvio che questi non dovrebbero differenziarsi per oggetto di studio, come se si potesse capire la biologia umana senza sapere la biologia, ma semmai giocando sul peso relativo dell'approfondimento dei vari argomenti, affrontati sempre però nel quadro di una visione unitaria e per quanto possibile con addentellati con altre discipline, scientifiche o umanistiche che siano. E in effetti proprio negli obiettivi (ciò che lo studente deve saper alla fine del corso), i contenuti interdisciplinari scompaiono quasi del tutto e soprattutto scompare qualsiasi cenno, anche nel classico, alla interazione fra storia del pensiero e delle teorie biologiche con il pensiero umano in genere. Niente quindi sulla storia della biologia e poco, molto poco anche sull'impatto dell'uomo sulla biosfera e su se stesso. Il tutto sottolineato dal particolare curioso ma significativo della inclusione fra gli obiettivi del classico, ma non dello scientifico, della autonoma valutazione critica dell'effetto delle attività umane sugli ecosistemi, quasi che ad essere critico sia abilitato solo chi i danni comunque tende a non farli non avendone gli strumenti. Dei resto gli "obiettivi" confermano il tentativo di evitare qualsiasi argomento di discussione che si possa considerare in qualche modo "scottante" non facendo menzione di problemi complessi ed attuali con profonde implicazioni sul piano etico e della stessa sopravvivenza della nostra e delle altre specie come quelli connessi all'uso delle nuove tecnologie biologiche, dalla

modificazione del patrimonio genetico alla alterazione diretta degli ecosistemi, alla fecondazione artificiale ed in vitro, al trapianto di organi, alle stesse tecniche per mantenere in vita i malati "terminali". Nulla nemmeno sui problemi demografici, sui rapporti fra economia ed ecologia e in genere fra storia umana e storia degli altri esseri viventi, e niente sulle famose "consapevolezze" e sul "comportamento responsabile" che abbiamo già criticato. E, purtroppo, se analizziamo insieme obiettivi e contenuti scopriamo che oltre alla interdisciplinarietà, alla critica della scienza, alla storia, alla analisi della interazione con l'ambiente delle attività umane vista in modo non banale, scompaiono anche quei pochi concetti biologici innovativi che sembravano essere stati annunciati nelle "finalità". Il risultato è di fatto un ritorno pedissequo alla Biologia di almeno venti anni fa senza innovazioni rilevanti nè in termini concettuali nè di contenuti specifici, e soprattutto senza il minimo tentativo sintetico che quantomeno dia agli studenti alcuni dei concetti che distinguono gli esseri viventi (ne determinano la "peculiarità") ed eventualmente la nostra specie fra le altre. Questo fatto, che è a mio avviso perfino più grave per gli studenti del classico che per quelli dello scientifico, è documentato soprattutto dalla assenza di tutti quei temi che avrebbero potuto richiamare i concetti, introdotti nelle finalità, di complessità e imprevedibilità. In nessuno dei programmi vi è il minimo accenno alla capacità, appunto peculiare degli esseri viventi, di utilizzare energia e materia "disordinata" per creare ordine secondo un programma in parte ereditario ma plastico in modo da permettere l'adattamento durante lo sviluppo e l'evoluzione; niente ricorda che gli esseri viventi sono sistemi in continuo stato di disequilibrio e sopravvivono proprio per questo, nè che solo il mantenimento di giusti equilibri fra ordine e disordine è caratteristico della vita nel suo continuo flusso di cambiamento, in cui tanti sviluppi si sommano nella evoluzione; da nessuna parte è introdotto il concetto della importanza della variabilità di per se stessa e quindi della imprevedibilità come caratteristica positiva ed imprescindibile per l'adattamento alle altrettanto imprevedibili condizioni ambientali. La stessa organizzazione gerarchica della vita (molecole, cellule, organismi, ecosistemi, biosfera) è solo accennata nei programmi dello scientifico ma è assente in quelli ad indirizzo umanistico e, anche quando viene introdotta, è presentata in modo del tutto descrittivo. Niente ricorda ad esempio che i livelli di organizzazione sono in realtà costituiti ognuno da elementi appartenenti al livello di organizzazione più basso ma in modo tale che la presenza di interazioni non additive, dinamiche, imprevedibili, non permetta di conoscere leggi e le caratteristiche del livello superiore attraverso la conoscenza dei componenti. Eppure questo argomento ci riconduce a polemiche antiche e contemporanee sul confronto fra riduzionismo ed olistico, fra una visione meccanica della vita ed una che invece si richiama ai concetti caratteristici della complessità, che ha risvolti importantissimi sia sul piano epistemologico e filosofico che su quello della conoscenza reale della vita e delle possibilità di modificarla in modo non catastrofico. Invece di tutto questo (e di molti altri concetti e nozioni) si riduce l'analisi dei sistemi aperti alla sola introduzione dei termini, si punta tutto sul concetto di omeostasi

(sarebbe stato molto meglio la omeostasi di Waddington, dato che gli esseri viventi cambiano) e quindi a dare, come sempre, una visione statica (l'optimum è il mantenimento della omeostasi, la malattia deriva *solo* dalla alterazione di questa) della vita intesa come fenomeno essenzialmente meccanico. Tutto il programma, basato più sulla descrizione che sulla comprensione dei concetti, sembra tendere non a far conoscere le regole generali di comportamento dei complessi sistemi biologici ma ad elencarne i componenti con la loro morfologia, struttura, funzioni, ed anche questo in modo non aggiornato, senza tenere conto degli immensi progressi compiuti negli ultimi 10-20 anni dalla biochimica, la biologia molecolare, le interazioni fra queste e branche della fisica, della matematica, dell'informatica, l'etologia e lo studio dell'ambiente, per elencare solo alcune delle discipline biologiche in costante movimento. Non c'è dubbio che, andando nel dettaglio, le pecche di cui si parlava, sia concettuali che - tecniche -, sono nettamente più accentuate nel caso degli indirizzi umanistici, di cui a parere dello scrivente è proprio largamente errato l'impianto complessivo. Vediamo, per documentare meglio questa affermazione, il programma del classico un po' più in dettaglio. Il percorso in questo caso è diviso in quattro parti, due delle quali dovrebbero dare le basi generali della biologia mentre il terzo si occupa dell'uomo e il quarto di ecologia. L'insegnamento di base è fondato essenzialmente su una analisi delle strutture di molecole e cellule senza il necessario approfondimento dei legami fra questi due livelli di organizzazione ed al loro interno, e cioè senza nessuna analisi integrata di funzione degli elementi descritti. Manca inoltre lo studio dei livelli superiori di organizzazione e soprattutto di quello multicellulare ed è in particolare assente la discussione dei processi di differenziamento e sviluppo. Il tutto con alcune evidenti sciocchezze come la proposta dello studio delle "sequenze delle macromolecole" (si vuole forse che gli studenti imparino a mente sequenze di DNA?) e la definizione dei virus come "strutture sopramolecolari" alla pari dei geni e delle membrane (sic!). Ora è noto che i virus non sono solo strutture ma forme elementari di vita capaci di replicarsi, di infettare, sottoposte al vaglio della selezione ecc. senza contare il fatto che il termine virus indica un serie di strutture-funzioni estremamente diverse e non assimilabili le une alle altre. Le membrane invece senza dubbio si possono chiamare strutture mentre i termini gene senza aggettivo (gene strutturale a esempio) non ha più un significato univoco (ci sono appunto i geni strutturali, le sequenze ripetute di vario tipo non assimilabili al gene classico, le sequenze regolatrici, ecc.) e indica semmai la porzione di un molecola (il DNA) e non una struttura sopramolecolare formata cioè, se l'italiano non è una opinione, da più molecole diverse. Dalla struttura e queste piacevolzze si passa ad un breve cenno alle "macromolecole funzionali" (ma ve ne sono di non funzionali?) sotto il quale termine il lettore può supporre si intenda DNA, RNA e proteine (e i polisaccaridi, i lipidi?) e alla trasmissione della informazione qui orrendamente definita come "codificazione del progetto biologico". Questa definizione sottende che esista uno ed un solo progetto biologico di un individuo derivante

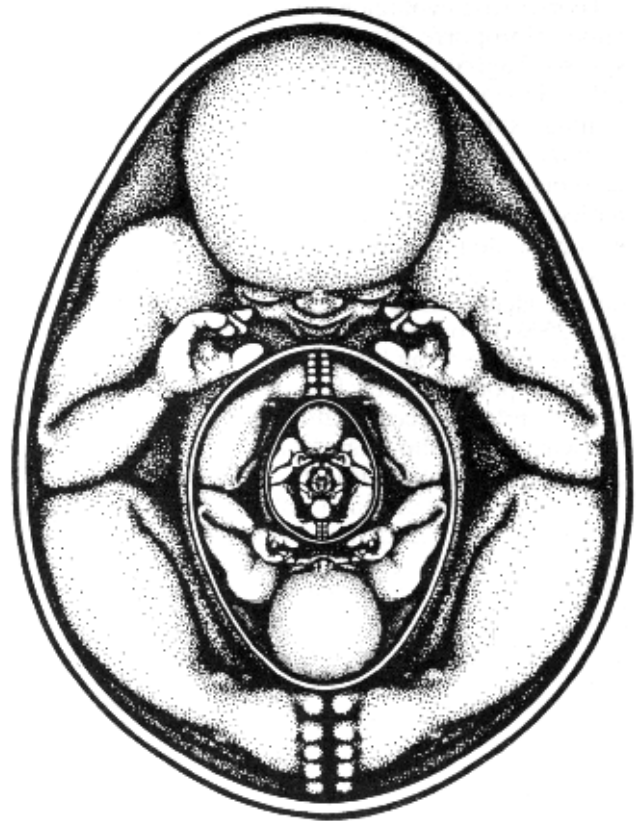
dalla traduzione univoca delle informazioni contenute nel DNA, concezione ormai sorpassata in quanto non tiene conto degli effetti della regolazione della espressione genica, della ambiguità di lettura del messaggio genetico presente a più livelli (trascrizione, traduzione e perfino modificazione delle proteine dopo che sono state tradotte) dell'importanza, nella modificazione della forma-funzione degli organismi, della quantità di alcune sequenze e in particolare di quelle ripetute. Da qui, sottolineiamo, senza nessun cenno alle nozioni di base della ereditarietà (neanche le leggi di Mendel) si salta alla evoluzione, processo dinamico qui completamente staccato da qualsiasi nozione sui subprocessi componenti e cioè sullo sviluppo e cioè affrontato senza alcun elemento che possa far comprendere la base biochimica e fisiologica dell'adattamento. Su queste basi quindi l'evoluzione non potrà essere spiegata che attraverso la descrizione del succedersi nel tempo di organismi a forme diverse senza entrare nel merito delle cause delle modificazioni della forma (e delle funzioni), che richiederebbero appunto nozioni di genetica e di regolazione dello sviluppo. Che senso ha a questo punto introdurre le -- Teorie della evoluzione biologica -- se non, al massimo, riproporre in modo trito, incomprensibile e spesso sbagliato il vecchio dibattito tra lamarckismo e darwinismo, quest'ultimo necessariamente spiegato in modo sommario, di nuovo a causa della mancanza di nozioni di genetica di popolazioni? Certo non è nemmeno pensabile che qui si parli di evoluzione molecolare e di dibattito tra neutralisti e neodarwinisti e ancora delle moderne teorie saltazioniste, della "spinta molecolare", del gene egoista, solo per citarne alcune. E' evidente che in queste condizioni quel 25 % del programma che è dedicato alla Biologia umana perde gran parte anche di quel poco che avrebbe potuto dare. L'evoluzione degli ominidi diventa infatti necessariamente solo descrittiva e il, teoricamente molto interessante, capitolo della genesi della cultura probabilmente una stanca ripetizione della successione di fasi di sviluppo culturale già fatta più di una volta nei curricula scolastici dagli insegnanti di storia. Non a caso, anche nella successione del programma il problema del rapporto mente-cervello, che comunque saremmo curiosi di vedere come verrà affrontato nel concreto in mancanza di qualsiasi cognizione di base, è staccata dalla "genesì della cultura" da un intermezzo che ripete pari pari un pezzo del programma della media inferiore e cioè in buona sostanza gli "apparati dell'uomo" affrontati senza alcuna possibilità di approfondimento e, ovviamente (guai mescolare il sacro con il profano), senza nessun, anche vago elemento di paragone con gli analoghi apparati animali o, in genere, con gli analoghi processi fisiologici degli altri esseri viventi. Il tutto condito dalla inevitabile regolazione omeostatica appaiata come sempre alla salute e alla malattia. Si tratta cioè, in sintesi, di una piatta elencazione di nozioni arretrate e slegate che non si vede veramente quale interesse possano avere in particolare per uno studente che è umanista non in quanto studia l'uomo in genere ma, presumibilmente, in quanto dell'uomo è interessato a conoscere il pensiero, la storia, le teorie e ad approfondire il nesso tra corpo e mente, fra biologico e sociale con tutte le implicazioni e, soprattutto, con quelle in discussione nella società reale contemporanea.

Parlare di ecologia, come si fa al termine della storia, ancora in termini descrittivi con alla fine il sibillino capitolo denominato "L'intervento umano" non fa che aggiungere la beffa al danno, almeno in chi aveva letto, magari con qualche vena di inguaribile ottimismo, le finalità generali. Molte delle critiche fatte al programma del classico (gli altri indirizzi umanistici non se ne discostano molto anche se va notato che chi fa quello linguistico non studia nemmeno le teorie evolutive) valgono anche per quelli dell'indirizzo scientifico e scientifico-tecnologico anche se questi ultimi sono senza dubbio molto più densi di contenuti. Senza tornare sulle critiche generali di mancanza di interdisciplinarietà, di arretratezza concettuale e "tecnica" di cui si è già discusso in termini generali va detto comunque che in questo caso un certo filo conduttore del programma si intravede ed un paio di concetti e di capitoli del tutto assenti negli indirizzi umanistici come quello sull'organizzazione multicellulare e l'altro, altrettanto interessante, sull'origine della vita vengono introdotti. Si resta tuttavia anche in questo caso, nella migliore delle ipotesi, alla biologia degli anni '70, anni in cui sembrava si fossero definitivamente chiarite regole meccaniche ben precise di funzionamento degli esseri viventi. Fu infatti verso la metà degli anni '70 che si vide invece che la stessa struttura dei geni è diversa fra eucarioti e procarioti, che il messaggio genetico può e deve essere ambiguo e si cominciarono a studiare seriamente i processi di sviluppo dal punto di vista molecolare procedendo nella elaborazione di quello che Conrad Hai Waddington aveva chiamato il paradigma fenotipico (si direbbe meglio ora i paradigmi fenotipici) della evoluzione. Niente di tutto questo nel nostro futuro programma in cui non si parla di differenze fra eucarioti e procarioti, la "trasmissione del progetto biologico" non è collegata in sequenza logica con lo studio della genetica classica che dovrebbe essere svolto prima e non dopo, il differenziamento è staccato dalla regolazione genica come se non avvenisse essenzialmente attraverso questa, c'è la genetica umana, batterica e virale, ma non quella di piante, funghi ed altri animali ecc. A conclusione di questa breve analisi, poche parole sui corsi "specialistici" inseriti nel curriculum dell'indirizzo biologico sanitario (del quale altri parleranno più estesamente in un articolo specifico in questa stessa sede), perché mi sembrano confermare in modo paradigmatico la generale arretratezza di contenuti di cui si parlava, proprio in quell'indirizzo che dovrebbe formare studenti aggiornati nel campo specifico. Sul piano concettuale è particolarmente deludente, in proposito, il corso di ecologia, disciplina olistica di per se stessa che avrebbe dovuto essere affrontata, almeno in questo indirizzo, con una impronta un po' più interdisciplinare e fatta interagire anche con discipline umanistiche (almeno la storia) e non solo con le altre scientifiche. Ciò non avviene, e quindi abbiamo anche in questo caso un corso non scorretto ma scontato di elementi di ecologia senza ombra di educazione ambientale intesa in senso moderno e presente ormai in molti dei curricula di altri Paesi. Migliori sono, va detto, il corso di fisiologia e morfologia e soprattutto quello di biochimica e biologia molecolare anche se, come sempre, mantengono i livelli di conoscenza aggiornati ai primi

anni '70 nel migliore dei casi. Che conclusioni trarre da questa, se pur sommaria, discussione dei programmi di Biologia delle Superiori? Innanzitutto, soggettivamente, un rinnovato senso di frustrazione e depressione per una ulteriore occasione perduta, per un rinnovamento che non c'è, per la persistente povertà di contenuti tecnici e, è proprio questo il termine adatto, la meschinità del patrimonio concettuale. Poi, mi si perdoni, una certa dovuta irritazione per il ridicolo trucco di cercare di ingannare la gente con premesse promettenti per poi farla ritrovare con gli stessi contenuti di sempre ed anche con alcuni errori marchiani. Ed infine, e questo è un fatto invece purtroppo obiettivo, per l'ulteriore dimostrazione che la scuola è voluta non come strumento educativo ma come luogo in cui le nozioni somministrate - in modo noioso, piatto ed arretrato non solo non stimolano la formazione attraverso la discussione e l'attenzione critica ai problemi reali, ma tendono ad ingabbiare il cervello, per fortuna dotato di notevole resistenza, degli studenti in un insieme di certezze, tali in quanto appunto descritte e non discusse, inalterabili negli anni e, si potrebbe dire, di generazione in generazione di studenti. Questo è senza dubbio il fatto veramente grave soprattutto per un programma che riguarda la biologia, insieme di discipline che hanno sempre avuto un ruolo determinante nella formazione del bagaglio concettuale dell'umanità, a cominciare dalla concezione stessa dell'uomo, dei rapporti fra natura e cultura, del ruolo nell'ambiente di una specie come la nostra, e che da pochi anni ne hanno assunto un altro, in rapidissimo sviluppo, che è quello tecnologico, capace di portare non solo a cambiamenti radicali nella nostra struttura economica ma anche nella nostra vita personale. Basti pensare alle implicazioni per la struttura della famiglia e della società dei metodi di fecondazione in vitro, ai problemi di mercificazione del corpo legati ai trapianti, alla donazione (si fa per dire) di sperma, ovuli, utero, alla istituzione dei brevetti per animali, piante e geni singoli anche importanti per la nostra salute, ai pericoli insiti nella immissione nell'ambiente di organismi modificati, ai riflessi dell'indirizzo che prenderà l'agricoltura e cioè delle modificazioni di animali e piante utilizzati, per i problemi della fame del mondo ecc. Tutti problemi che suscitano da anni ardenti discussioni nel nostro Paese come negli altri, discussioni per le quali è sempre più importante il possesso di un bagaglio adeguato di conoscenze che permetta quantomeno di riconoscere le falsificazioni erogateci quotidianamente dalla divulgazione stracciona o meglio sapientemente diretta dei mass media. Ancora una volta il compito di allevare ed educare persone consapevoli di questi e altri problemi, curiose della vita, capaci di un minimo di ragionamento autonomo perché dotate di strumenti cognitivi e di nozioni e concetti adatti è lasciato alla caparbia volontà degli insegnanti ed alla intelligenza individuale degli studenti che, come sempre riusciranno, anche se con ingiusta fatica, a far passare fra le maglie di programmi inadatti, sprazzi di critica attuale, interesse per la battaglia concettuale, soprattutto, di nuovo, curiosità per la vita, fisica e mentale e desiderio di esserne partecipi nel modo più consapevole possibile. E questo, in un mondo in cui la libertà di vivere è sempre più condizionata dalla mercificazione e dal l'appiattimento, in cui c'è un ritorno

crescente alle intolleranze caratteristico dei periodi di crisi, in cui solo il futuro ci dirà se e quanto saremo capaci di controllare le nostre senz'altro non innate tendenze suicide, sarebbe già moltissimo, a dispetto dei pazienti quanto miopi redattori di questi come di altri programmi scolastici.

*Marcello Buiatti*



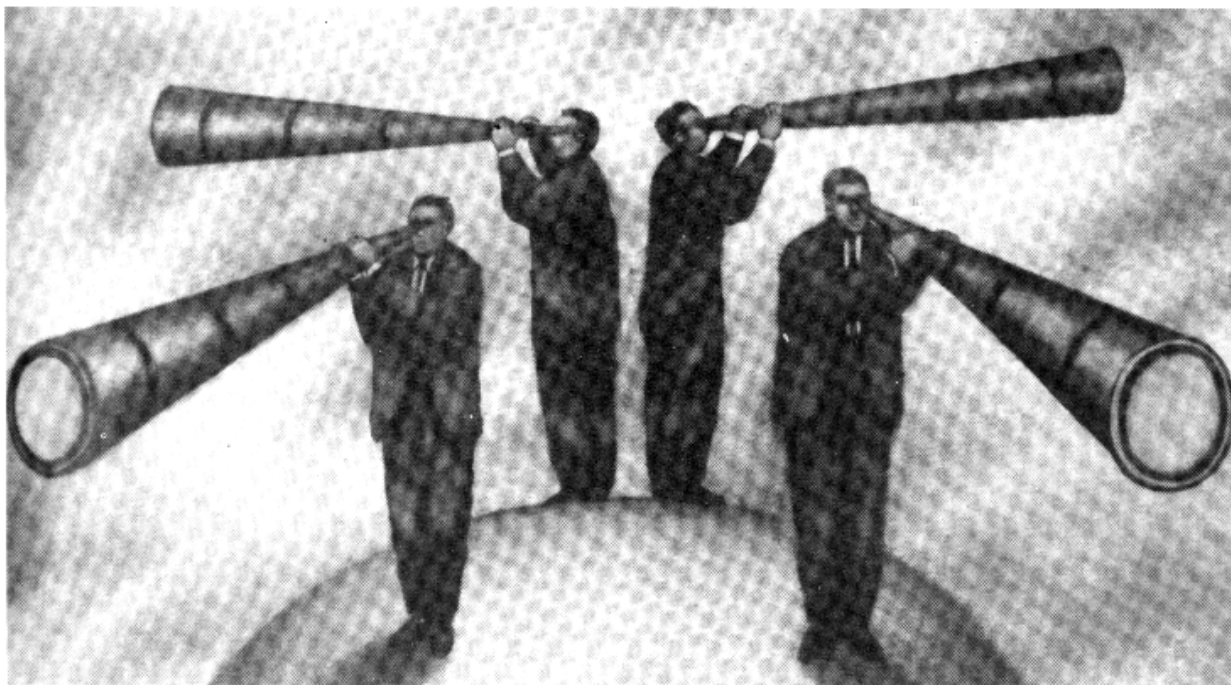
# NATURALMENTE

**bollettino di informazione degli Insegnanti di Scienze Naturali**

anno 6 • numero 1 • febbraio 1993

quadrimestrale

<b>Editoriale</b>	Alessandra Mannucci
<b>La Scienza nei temi di maturità</b>	Enrico Pappalettere
<b>Scienza e paradigmi sociali</b>	Marcello Buiatti
<b>La candela</b>	Elio Fabri
<b>La complicazione della complessità</b>	Stefano Paoli
<b>Insegnare la diversità</b>	Brunella Danesi
<b>Il commissario</b>	Vincenzo Terreni
<b>Media dell'obbligo-biennio superiore: un raccordo difficile</b>	Catia Pardini
<b>Una proposta pluridisciplinare nella Media dell'obbligo</b>	Raffaello Corsi
<b>Didattica della Biologia e aggiornamento</b>	Maria Luisa Bertolè Alba Gainotti
<b>Elettrone, pomodori e approccio storico alla Chimica</b>	Giorgio Montagnoli
<b>Il Verziere di Melusina</b>	Laura Sbrana
<b>Itinerari naturalistico-didattici</b>	Patrizia Cappadonna
<b>L'angolo del <i>morbido</i></b>	
<b>La Luna</b>	Maurizio Antonetti





# Scienza e paradigmi sociali

Tradizionalmente la discussione sui rapporti fra struttura e dinamica della scienza, genesi delle teorie scientifiche e loro applicazione, e società civile, si articola su due correnti di pensiero contrapposte. Gran parte della epistemologia classica cerca di interpretare la dinamica della ricerca e della formazione dei paradigmi in base a leggi del tutto interne alla scienza stessa ed alle comunità scientifiche, quasi che la storia degli scienziati e della scienza si muovesse sulla base di interazioni fra dati, concetti e teorie dotati di vita propria e non derivanti da esseri umani forniti come gli altri di corpo e cervello ed interagenti con i loro simili all'interno, ma anche al di fuori della comunità scientifica. In questa versione il ruolo della scienza nella costruzione del consenso viene sottovalutato e, se mai, la sua utilizzazione a fini sociali e politici viene interpretata come strumentalizzazione o falsificazione dei dati e delle teorie.

Un'altra corrente di tradizione genericamente marxista o comunque catalogata come di sinistra, sostiene una sorta di dipendenza meccanica della scienza dalle scelte socio-economiche dominanti, e quindi dalle pressioni politiche ed economiche che sarebbero alla base della committenza, della scelta degli oggetti di ricerca, della stessa interpretazione parziale dei dati o addirittura della loro invenzione. La prima impostazione quindi raffigura la comunità scientifica come una lobby autonoma depositaria della conoscenza e perciò capace, autonomamente, di mutare le cose del mondo nel bene (gli scienziati come maghi benefici) o nel male (la magia distruttrice); la seconda attribuisce tout court alle classi dominanti la responsabilità delle scelte e, in fondo, anche delle teorie. In ambedue i casi uno dei due partners viene considerato come essenzialmente passivo, l'altro attivo e si attribuisce ben scarsa importanza alle interazioni fra i soggetti collettivi. Nella mia breve analisi cercherò invece di affermare il concetto della circolarità della interazione tra scienza e società e dei feedback positivi e negativi fra le comunità. Per farlo prenderò le mosse da alcune ipotesi di lavoro del tutto aperte in quanto preliminari, che possono essere sottoposte ad una verifica iniziale utilizzando una casistica purtroppo un po' parziale in quanto ricavata, per ovvia deformazione professionale, in parte notevole dalla storia della biologia. Può se mai consolare il sottoscritto il fatto che la biologia, trattando di esseri viventi e quindi anche di noi stessi, appare la scienza che più ha influito nella creazione del consenso a concezioni dell'uomo e quindi ad ideologie e politiche sociali.

## Dalla società alle comunità scientifiche

Una prima ipotesi di lavoro parte da alcune osservazioni sulla dinamica dei rapporti fra l'emergere delle teorie scientifiche e l'affermarsi di quei concetti dominanti, tendenze, modi di vedere, metodi e angoli di

osservazione del mondo che costituiscono le mutevoli strutture culturali della società e che, spesso erroneamente identificati con paradigmi di tipo kühniano, potrebbero essere chiamati paradigmi sociali. L'ipotesi di lavoro è che la struttura culturale dominante, a sua volta ovviamente influenzata dalla organizzazione socio-economica, sposti l'attenzione di chi osserva la natura su angoli visuali e livelli di osservazione di volta in volta diversi, favorendo la formulazione di teorie che universalizzano concetti e dati necessariamente parziali perché appunto legati ad una osservazione di parte. Queste a loro volta circolarmente interverrebbero sulla stessa struttura culturale che le ha in parte generate accelerandone la modificazione. Questa ipotesi parte dalla constatazione che aspetti specifici della natura sembrano assumere grande importanza improvvisamente in campi del sapere anche molto diversi, appartenenti talvolta alle due culture e non comunicanti se non in modo molto superficiale fra di loro.

Ad esempio, mentre verso la fine dell'ottocento i processi naturali (tipico è il caso delle teorie evolutive) tendevano ad essere visti come continui, la discontinuità emerge da una serie di teorie dei primi anni del '900. In fisica infatti vengono formulate e si impongono le teorie di Thomson e Max Planck, in matematica Lebesgue appronta un importante strumento matematico per l'analisi delle funzioni discontinue, in biologia vengono riscoperte le leggi di Mendel e i 'mendeliani' (Hugo de Vries, Bateson) ne estrapolano una teoria complessiva che vede il materiale ereditario come un insieme di particelle discontinue ad azione additiva (quella che sarà chiamata la teoria quantica della ereditarietà da Erwin Schrödinger molti anni dopo). Nella stessa pittura e musica la discontinuità, la scomposizione dell'armonia e del reale diventano elementi importanti. Contemporaneamente in numerose discipline viene dato forte rilievo al ruolo del caso e si abbandona la visione determinista classica, della fine del secolo scorso. Di nuovo in biologia, ad esempio, la *necessità*, implicita nel concetto darwiniano di selezione naturale viene contestata dalla Mutations Theorie di H. De Vries che vede l'evoluzione come il susseguirsi e l'affermarsi casuale di mutazioni anch'esse casuali e discontinue. Negli anni '20-'40 invece, sia in biologia che in fisica, si tenta la formulazione di teorie di compromesso in cui la continuità viene interpretata come somma o serie di discontinuità e il caso, grazie alla statistica, assume un aspetto deterministico. Tuttora del resto i manuali di metodologia sperimentale e statistica si basano sull'artificio concettuale per cui le fluttuazioni intorno ad una media diventano di trascurabile importanza, una volta che se ne siano misurati i limiti, e due medie vengono considerate diverse quando la probabilità di sbagliare in questa affermazione è inferiore al

5%. Non a caso infatti il termine usato per indicare la variazione intorno alla media è *errore*, a significare che il caso, attribuito essenzialmente alla nostra incapacità di individuarne le cause, maschera una verità (la media) che pure esiste ed è la sola degna di nota (significativa). Altrettanto concomitante in discipline diverse è infine la crescente attenzione attribuita ai giorni nostri alla incertezza, alle fluttuazioni non prevedibili, ai fenomeni storici della natura. Secondo questa visione il *caso* assume invece grande importanza e viene considerato non più come errore ma come parte integrante della realtà. Mi riferisco qui a teorie fisiche che definiscono fenomeni complessi, dalla cromodinamica al caos ecc. e, in biologia, alla parziale ma importante sconfitta della visione meccanicistica (laplaciana) del vivente, secondo la quale le strutture quadri-dimensionali dei diversi livelli di organizzazione della vita sarebbero state univocamente determinate dalla serie lineare di informazioni costituita dal DNA. Come si proponeva in tutti questi esempi (e la casistica si potrebbe ampliare), non si tratta in alcun modo della affermazione incontrastata di paradigmi complessivi nei diversi campi quanto piuttosto di attenzione particolarmente vivace ad aspetti della realtà da sempre presenti al pensiero umano, ma solo di volta in volta considerati di particolare importanza dall'osservatore. In altre parole il dibattito, naturalmente solo al livello di questi concetti base, sembra vertere da sempre su alcune antinomie concettuali fondamentali (continuo-discontinuo, determinismo-indeterminazione, caso-necessità, additività-interazione) anche metodologiche (riduzionismo-olismo) con l'affermarsi di volta in volta di uno dei due termini senza peraltro che l'altro scompaia dal dibattito.

Non c'è dubbio tuttavia che il punto di osservazione, l'attenzione prevalente ad un lato del reale, ha una influenza determinante sul successo o l'insuccesso di teorie e paradigmi, quando non ne decreta vita e morte. Si spiega così il fenomeno dei precursori o antesignani, studiosi che propongono con molto anticipo teorie che in seguito si affermeranno.

E' tipico in questo senso il caso della biologia, nella cui storia vengono periodicamente riscoperte leggi e teorie enunciate da tempo e cadute per lunghi anni nell'oblio e nel disinteresse totale. Per citare solo alcuni casi fra i più noti, le leggi di Mendel enunciate nel 1865 vennero riscoperte contemporaneamente da tre ricercatori (Hugo de Vries, Tschermak von Seisenegg, Correns) nel 1900; le teorie ed i dati sulla instabilità (flusso del materiale genetico, enunciate nel corso di un famoso congresso del 1951 da R. A. Goldschmidt e Barbara Mc Clintock) vennero riprese e fruttarono il premio Nobel alla seconda più di trenta anni dopo; la teoria neutralista dell'evoluzione di de Vries del 1902 è stata rineanciata nel 1961; il saltazionismo di Goldschmidt viene riesumato alla fine degli anni '70 da Gould ed Eldredge; l'interpretazione olistica dello sviluppo e della evoluzione del primo Waddington, dello stesso Goldschmidt, di numerosi biologi sovietici rispunta ai nostri giorni ecc. Riferendosi a questi fenomeni, molti storici della scienza si limitano a dire che i precursori hanno elaborato le loro teorie in tempi genericamente non maturi, quando non si dimenticano semplicemente di citarli favoriti in questo dalla naturale paranoia degli uomini e donne di

scienza che non amano chi ha enunciato prima di loro teorie che reputano del tutto originali. Non c'è dubbio che sia difficile interpretare questi processi solo con logiche interne alla scienza ed alla autonoma evoluzione delle comunità scientifiche, proprio per il loro carattere in qualche modo ciclico, mai definitivo e contemporaneo in campi anche molto diversi. Sembra invece più facile interpretare la relativa parzialità di osservazione come derivante da una serie di impulsi di tipo psicologico, metodologico e fattuale che partono dall'esterno. Per fare un paio di esempi, l'attenzione alla discontinuità può derivare (è senz'altro così per Mendel e Lebesgue) dalla scelta di risolvere processi complessi dividendoli in segmenti discreti facilmente analizzabili dai quali poi ricostruire il totale. In un certo senso è la suddivisione stessa dell'oggetto di studio in parti discrete che porta a formulare teorie sulla discontinuità della natura, sulla additività delle parti ecc. In altre parole ancora, l'atteggiamento riduzionista caratteristico dell'impostazione moderna e positivista dell'inizio del secolo spinge, in coerenza con le necessità sociali di costruzione di una civiltà meccanica industriale, ad una scienza interessata ad ottenere leggi affidabili, con gli strumenti della matematica dell'epoca, deterministe, attraverso la riduzione non solo teorica ma metodologica del reale a somma di parti discrete.

Tutto ciò è particolarmente evidente dal punto di vista individuale nel caso di Mendel. Lo scopritore delle leggi che regolano la trasmissione dei caratteri detti appunto mendeliani trae la sua impostazione *elvetica* innanzitutto dalla sua preparazione non biologica ma fisica (era allievo della scuola viennese di Unger e Doppler) ed in secondo luogo dall'ambiente molto particolare in cui viveva, la città di Brno, uno dei primi centri di sviluppo industriale e imprenditorialità diffusa. La scelta di Mendel di analizzare il comportamento, in generazioni successive, di caratteri semplici, presenti in forme alternative i cui rapporti numerici sono facilmente calcolabili, è del tutto cosciente e si discosta volutamente dal metodo dei ricercatori precedenti e seguenti che invece cercavano di studiare il processo di trasmissione della forma-funzione totale (diremmo oggi del fenotipo) degli organismi. Altrettanto cosciente è il tentativo, a cui questo metodo è funzionale, di ricavare leggi probabilistico-deterministiche dagli esperimenti programmati; tanto cosciente da far accusare Mendel da parte di statistici un po' pignoli di aver volutamente modificato i dati per farli meglio tornare con un modello che aveva intuito.

Considerazioni analoghe di tipo parzialmente psicologico possono essere addotte per spiegare l'impostazione di R. A. Goldschmidt, ebreo tedesco di grande cultura umanistica e studioso non di caratteri singoli o di molecole ma di fenomeni complessivi di sviluppo e quindi indirizzato da formazione e oggetto di studio ad un angolo visuale di livello organizzativo superiore. Naturalmente, quando i fenomeni di spostamento del punto di osservazione, da individuali diventano collettivi, l'interazione fra ambiente umano e comunità scientifiche avviene non solo con la mediazione dei modelli culturali ma anche attraverso l'indicazione indiretta (la moda) o diretta (i finanziamenti per ricerche specifiche) dell'oggetto dello studio, la strumentazione offerta fino a giungere alla imposizio-

ne ideologica dall'esterno. Ad esempio, lo studio delle molecole e del loro ruolo nella vita ha senz'altro ricevuto un importante impulso dallo sviluppo dell'industria farmaceutica degli anni '40 ed anche dall'interesse per alcune molecole tossiche manifestato dai militari. Basti pensare all'utilità degli antibiotici e dei metodi di saggio del loro effetto per le ricerche di genetica e di biologia molecolare dei microorganismi o alla scoperta della azione mutagenica delle sostanze chimiche effettuata da Charlotte Auerbach durante la seconda guerra mondiale nel corso di una ricerca per conto del Ministero della Difesa britannico sugli effetti della mostarda sulfurata.

Lo studio delle molecole e l'attenzione conseguente alle loro proprietà e funzioni viene naturalmente insieme facilitato e stimolato dalla acquisizione di tecniche e strumenti sofisticati di analisi. Bisogna dire tuttavia che l'influenza della tecnologia sulle linee di ricerca è meno determinante in biologia che in fisica, dove, in alcuni casi, sembra quasi che la ricerca venga programmata in funzione delle macchine, data anche l'importanza di queste in termini di status delle comunità scientifiche e delle nazioni.

Si può anzi affermare che, nonostante anche sulla fisica giochino gli effetti culturali generali, questi sono relativamente meno importanti proprio per il minore impatto di questa disciplina sull'immaginario collettivo e soprattutto sulla concezione che l'uomo ha di se stesso. Gioca un ruolo determinante invece l'immagine della fisica come disciplina di punta del progresso scientifico e tecnologico, simbolo della capacità complessiva dell'uomo di conoscere gli intimi segreti della natura e di inventare tecnologie per trasformarla. Questo senza dubbio è un messaggio forte che viene dall'esterno ed è appoggiato da massicci finanziamenti e dalle macchine non solo sempre più sofisticate ma soprattutto sempre più potenti.

Il metodo scientifico moderno, riduzionista, dello studio della parte per risalire al tutto compare del resto molto più tardi in biologia che in fisica, sia per la complessità degli oggetti biologici che per il peso

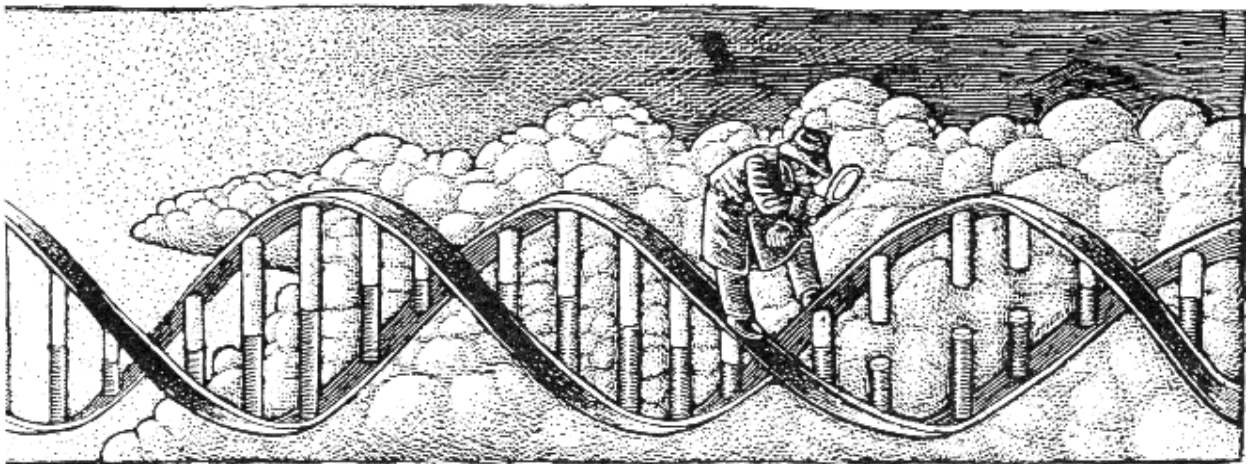
giocato fino ai primi del '900 (che dura in parte anche oggi) da tendenze spiritualiste e vitaliste che inducono al rifiuto, nel caso degli esseri viventi, della stessa impostazione metodologica galileiana. Gli effetti delle tecniche quindi cominciano a farsi sentire molto più tardi e non sono mai del tutto determinanti.

Determinante è invece se mai l'effetto indiretto del modello di scienza, positivista, *progressista*, che viene da una società sempre più intrisa di trasformazione progettata e di macchine sempre più potenti. Nella seconda metà del nostro secolo questa pressione è spesso, in biologia, mediata direttamente dai fisici, con i quali i contatti si fanno sempre più numerosi e pregnanti sia perché elaborano le tecnologie della ricerca biologica sia in quanto interferiscono direttamente con la ricerca o per lo meno con le sue linee portanti. E' noto ad esempio il grande impatto che hanno avuto sulla biologia teorici come Erwin Schrödinger che, con una serie di lezioni pubblicate negli anni '40, con geniale preveggenza ha posto le basi della moderna teoria informazionale in biologia, o come Max Delbruck o M. Wilkins direttamente coinvolto nella ricerca.

In questo senso l'interazione fra discipline, molto più fino agli anni '40, diventa fattore primario di modificazione della impostazione metodologica della ricerca e, anche in conseguenza di questo, dei modelli che si elaborano e degli strumenti matematici che si approntano.

Non c'è da meravigliarsi che in questo quadro la fisica, già dotata da tempo di basi tecniche e metodologiche *forti* e coerenti con il modello di natura "progressivamente conoscibile" proposto, diventi disciplina trainante anche di altre più legate ancora a ideologie e concezioni anche esterne a quanto viene modernamente definito con il termine di scienza.

La interpretazione meccanica degli esseri viventi sulla base del comportamento delle molecole che li compongono diventa in questo quadro l'obiettivo finale di un tentativo di modellizzazione totale della natura coerente con l'utopia positivista della trasfor-



mazione completa, illimitata, prevedibile tipica delle rivoluzioni industriali e, in genere, dell'età moderna. E' anche per questo, e per gli ovvi riflessi sull'uomo, che il dibattito in biologia assume tinte più apertamente politiche, tanto da comportare per gli studiosi di questa disciplina della nostra epoca, rischi anche personali di entità non diversa da quelli corsi da fisici e filosofi in epoca premoderna. Emblematico da questo punto di vista è il dibattito in URSS fra seguaci delle cosiddette teorie Lysenkoiste, studiosi pienamente inseriti nella corrente principale della moderna genetica e biologia occidentale, biologi che allora tentavano una interpretazione materialista non meccanica partendo da una impostazione marxiana, che trovava probabilmente importanti punti di riferimento nella stessa tradizione culturale russa. Questo dibattito, poco scientifico ma molto ideologico, ha avuto in URSS l'effetto primario di distruggere, anche eliminando materialmente i ricercatori, la ricerca biologica in nome di una falsa teoria elaborata a tavolino sulla base del principio della completa modificabilità direzionale degli esseri viventi da parte dell'uomo, principio funzionale alla ideologia iperpositivista dei piani quinquennali.

Insieme alla ricerca moderna in URSS, tuttavia, sono andati persi anche i germi, di grande importanza teorica, di una biologia non meccanica, eliminata nei paesi del socialismo reale dalla repressione diretta e repressa in occidente in via indiretta dall'attacco indiscriminato a qualsiasi idea di neolamarkismo.

Non è peregrino affermare che l'oblio in cui sono stati tenuti per lungo tempo i dati che rivelavano la grande capacità di cambiamento del materiale ereditario, la complessità dei processi storici della vita, l'effetto anche direzionale sul DNA dell'ambiente, deriva in parte dall'influenza negativa di un dibattito fra dogmi in cui, come non usava da tempo, la contesa fra teorie scientifiche diventava lotta per la vittoria di una o di un'altra ideologia.

### **Dalle comunità scientifiche alla società**

Come ho cercato di documentare, il flusso di informazione che va dall'esterno all'interno della comunità scientifica è intenso e variegato e sembra influire soprattutto nel senso di mettere in evidenza aspetti di volta in volta diversi della realtà, spostando l'attenzione di chi fa ricerca su livelli specifici della organizzazione gerarchica della realtà, facendo assumere maggiore o minore importanza a categorie alternative ma sempre compresenti nella storia culturale umana. Questo non significa in alcun modo che le comunità scientifiche siano recettori passivi di questo flusso.

Il messaggio esterno, diretto o indiretto che sia, viene rielaborato all'interno della comunità scientifica e si modifica mano a mano che strumenti e tecniche di conoscenza si affinano e viene confrontato con i dati sperimentali, che pure hanno un ruolo nella storia delle teorie scientifiche che non intendiamo in alcun modo disconoscere. Il frutto di questa rielaborazione riemerge poi dalla comunità scientifica e diventa oggetto di ulteriore cambiamento da parte degli scienziati stessi nel momento in cui si rivolgono al pubblico, degli studiosi di scienza, storici e filosofi che lo riosservano e traducono in linguaggi diversi, dei divulgatori, mass-media, degli stessi politici. La versione dei dati e concetti scientifici che così prende

forma e corpo nelle applicazioni entra a far parte del più vasto dibattito presente nella società e contribuisce a costruire le cose reali di questo mondo su cui incide sempre di più la tecnologia.

Vi è quindi, in questo percorso di ritorno, un livello di rielaborazione primaria in cui il processo di falsificazione assume un ruolo tuttora importante anche se l'emergere della scienza "non normale" e la comparsa catastrofica di nuovi paradigmi sono fortemente influenzati dall'esterno. Ne è prova il fatto che in alcuni casi strumenti di indagine approntati per ottenere dati di ampliamento ed estrapolazione della scienza normale sono stati alla base invece proprio della falsificazione dei dati che si pensava di confermare. Così è avvenuto ad esempio quando le tecniche di biologia molecolare che sono state alla base della utopia meccanica in biologia negli anni '70, applicate ad organismi complessi, nell'intento di decifrarne la natura con lo stesso procedimento riduzionista che era stato usato precedentemente sui microrganismi hanno invece, sorprendentemente, fatto emergere l'esistenza di legalità e forme-funzioni diverse nei diversi livelli gerarchici del vivente, hanno profondamente modificato le teorie evolutive, hanno posto l'accento su concetti come la variabilità, il flusso, i campi, i sistemi interattivi ecc. tutti o quasi tutti proposti, senza successo, in tempi *non maturi*.

Qualcosa di simile si può dire che sia successo anche in fisica mano a mano che gli strumenti di indagine si affinavano e si tentava di risalire di nuovo dal semplice al più complesso, dalle nozioni ricavate durante il periodo di massimo sviluppo riduzionista ai comportamenti di sistemi a più variabili interagenti. E' senz'altro troppo presto per capire quanto di questo processo, e della conseguente falsificazione della ipotesi di totale capacità euristica del solo metodo riduzionista, sia interno alla scienza, perché questo fenomeno apparve in partenza indotto da una forte domanda esterna motivata inizialmente dal desiderio di mettere definitivamente a frutto le conoscenze acquisite sui sistemi semplici giungendo al controllo definitivo di quelli complessi. Non c'è dubbio tuttavia che lo scontro con la realtà sperimentale c'è stato e continua ad esserci realmente nei fatti e che proprio da questo scontro sono uscite realmente nuove idee o sono stati rafforzati concetti preesistenti ma "deboli". E' evidente quindi, in questo caso, ma lo si può dimostrare anche in altri, che la comunità scientifica recepisce le influenze culturali esterne che ne condizionano ottica e metodologie, ma, nel confronto con la sperimentazione, anche se tende a rafforzare i concetti dominanti, comunque li modifica e contemporaneamente pone le basi per un loro futuro cambiamento. In questo senso la scienza è insieme attiva e passiva. Passiva in quanto è portata a trovare almeno in parte quello che è indotta a cercare. Attiva perché il confronto con la realtà sperimentale e fra diverse discipline può accelerare, innescando un processo culturale "catastrofico", sia il rafforzamento che la caduta dei paradigmi complessivi di natura più sociale che scientifica.

In realtà molto spesso è difficile o impossibile capire quale sia il "primum movens" della "catastrofe", sia perché, come si è visto, gli stessi dati scientifici risentono in partenza degli input sociali, sia perché, come vedremo, la società seleziona i dati da utilizzare.

Si può forse dire che i sostenitori di paradigmi sociali contrapposti incamerano di volta in volta i dati della scienza che si adattano ai paradigmi. La presenza di dati e la loro evoluzione in questo modo diventa fattore importante, anche se probabilmente mai completamente determinante nella dialettica dei paradigmi e quindi della prevalenza ora dell'uno, ora dell'altro. Questo tipo di processo può essere esemplificato dal ruolo giocato dalla genetica classica e da non pochi genetisti in prima persona nello sviluppo delle teorie razziste in Paesi come l'Inghilterra e gli Stati Uniti, per non parlare della Germania nazista. E questo grazie alla semplice estrapolazione dogmatica all'uomo del concetto, quasi universalmente accettato per lungo tempo, della determinazione rigida ed univoca dei caratteri sia fisici che comportamentali da parte dei componenti additivi (i geni) del patrimonio ereditario.

Il ragionamento, se basato solo su questo, non fa una grinza.

Se, infatti, come pareva ai post-mendeliani, i geni sono essenzialmente invariati, agiscono additivamente, sono poco o nulla "disturbati" nella loro funzione dall'ambiente e si distribuiscono a caso di generazione in generazione, è evidente che un essere umano sarà alto o basso, biondo o bruno, buono o cattivo e magari anche ricco o povero a seconda dei genitori e dell'assortimento di geni che gli sono capitati. Poco potrà fare sul suo destino la società ed anzi l'unico modo per migliorare la vita umana sarà o eliminare gli individui "inferiori" o comunque farli riprodurre di meno in modo da aumentare la frequenza di geni "buoni". Questi concetti non sono stati enunciati da qualche genetista seguace del terzo Reich ma da alcuni fra i fondatori della genetica classica come Sir Ronald A. Fisher, uno dei tre "padri" del neodarwinismo, la "sintesi moderna" dell'evoluzione, come l'ha chiamata, in un suo storico volume, Julian Huxley. In questo senso, l'appoggio dato da un numero consistente di genetisti alla persecuzione di ebrei, zingari, handicappati o comunque diversi, non è concettualmente molto diverso dalle indicazioni che dava Galton nell'Inghilterra di fine '800 o dalla strenua lotta per la eugenetica condotta da Hermann Müller, uno scienziato che aveva preso dal marxismo, successivamente abbandonato, una fede incrollabile

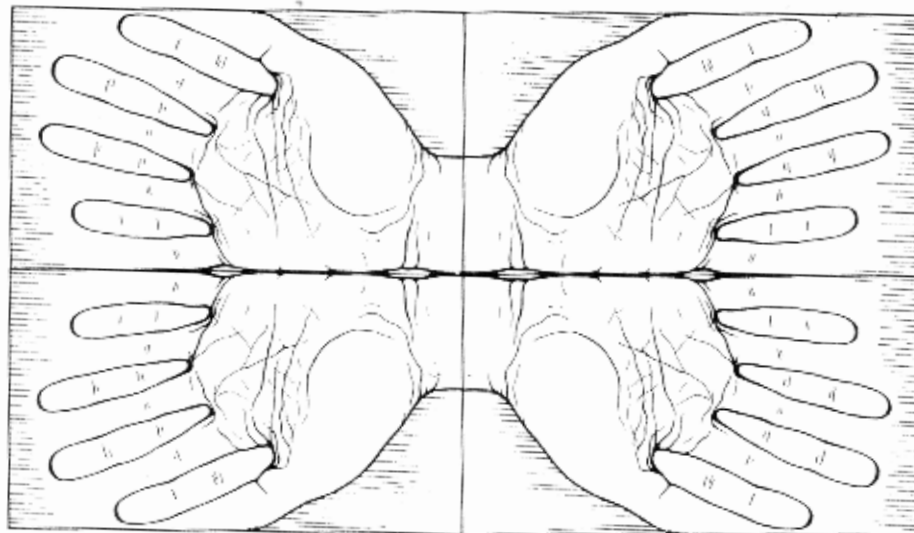
nella capacità illimitata dell'uomo, se ben diretto, di modificare la natura e se stesso.

Anche ai nostri giorni del resto, la propaganda che viene fatta da più parti per il miglioramento della qualità della vita umana attraverso l'uso delle tecniche di ingegneria genetica, si basa spesso su epigoni più o meno famosi della corrente meccanica in auge soprattutto negli anni '70.

Come si è detto, sarebbe semplicistico ed errato attribuire alla comunità scientifica la colpa o anche la promozione delle tragedie della emarginazione e del razzismo o, per la fisica e la chimica, dei misfatti della civiltà industriale. Per capire meglio la portata ed i limiti dell'input della scienza bisogna affrontare l'analisi delle modificazioni che subiscono, al di fuori della comunità, i dati provenienti dalla ricerca, dei tempi e dei modi con cui entrano nel flusso complessivo della evoluzione culturale e quindi influiscono sul modo stesso di operare degli esseri umani, sugli indirizzi che le società si danno nella trasformazione del mondo, sulle tecnologie derivate.

I dati e le teorie della scienza vengono infatti in parte modificati, in parte selezionati in tutto il percorso che va dalle comunità scientifiche alle altre comunità intellettuali, alla esposizione e divulgazione nella scuola, fino alla diffusione, ormai rapidissima e massiccia, attraverso i media ed alla traduzione, ove è possibile, in tecnologia. Questo fa sì che la società recepisca solo in parte, spesso falsati e con molto ritardo, i cambiamenti paradigmatici che intervengono nelle comunità scientifiche. Alcuni sviluppi della scienza, magari minoritari ma non per questo meno importanti, vengono addirittura ignorati e non entrano a far parte della cultura socializzata, quella che poi rimanda messaggi attraverso chi fa ricerca, alle comunità disciplinari, influenzando, come si è detto, sugli indirizzi futuri. Questo processo non colpisce solo i cosiddetti "precursori" ma intere correnti di pensiero spesso conosciute all'esterno con decenni di ritardo anche se presenti con un loro peso specifico in ambito scientifico.

Talvolta la modificazione consiste nel raccontare solo un pezzo di una teoria o dell'opera di uno studioso. Un caso clamoroso di questo tipo di selezione dei concetti è la "de-lamarckizzazione" di Darwin, iniziata non si sa bene da chi, ma senz'altro accentuata nel corso



della già citata polemica sul concetto di “neolamarckismo” di Lysenko in URSS. Tutt’ora infatti si insegna il darwinismo come se Darwin avesse negato con chiarezza l’eredità dei caratteri acquisiti e trascurando del tutto il suo appoggio alla teoria dell’uso e del disuso, mentre il povero Jean Baptiste Lamarck viene ignominiosamente accomunato a Lysenko e conseguentemente additato al pubblico ludibrio. In altre parole Darwin viene “ripulito”, anche in libri di testo universitari di buon livello, di tutto ciò che lo rende diverso dal neo-darwinismo, insieme di teorie e subteorie maturato nella prima metà del '900, frutto del compromesso della teoria dell’evoluzione con il mendelismo, trincea su cui si arroccò il pensiero occidentale in polemica con le “teorie” di Lysenko. Un esempio di azzeramento di una intera corrente di pensiero è invece l’oblio in cui sono caduti non solo gli esponenti sovietici delle teorie “oliste-dialettiche” come Smalgausen, Dubinin, Zavadovsk, Vernadsk, ecc., ma anche i loro corrispondenti occidentali da Needham a Goldschmidt, agli stessi B. Mc Clintock e Waddington.

Questo processo “selettivo” sembra essersi fatto sempre più intenso con l’aumentare dell’enfasi data alla divulgazione dei “progressi” scientifici e tecnologici nel nostro tempo. A chi segue con un po’ di attenzione le notizie date dalla stampa e presenti in giornali anche di buona o ottima divulgazione appare chiaro come ad alcune sia data molta più attenzione che alle altre, tanto da far sospettare l’esistenza di una vera battaglia ideologica, condotta a suon di dati scientifici, che rischia gravemente di irrigidire il dibattito impedendo una visione più eclettica, che ammetta la coesistenza di più angoli visuali e quindi di teorie e interpretazioni non contrapposte ma semmai complementari.

Si può tracciare ormai un percorso attraverso il quale avviene la selezione delle informazioni. Questa spesso non consiste tanto nella eliminazione di dati, che pure talvolta si verifica, ma soprattutto nell’enfasi data alle diverse notizie. In questo processo gioca ormai un ruolo importante una sorta di rete pubblicitaria, particolarmente efficiente negli Stati Uniti, che parte dalle stesse organizzazioni di ricerca e da vere e proprie lobbies le quali hanno interesse a valorizzare questo o quel successo delle diverse istituzioni che operano nel campo scientifico. Sempre più spesso le “scoperte”, o meglio alcune di esse, vengono comunicate al grosso pubblico attraverso conferenze stampa e veri e propri lanci pubblicitari ancora prima di passare al vaglio dei referees e, in genere, della comunità scientifica ed essere pubblicate su riviste specializzate. Alcune di queste (soprattutto Nature e Science) annunciano prima della stampa articoli che vengono considerati particolarmente importanti e molte usano la copertina per mettere in particolare rilievo i contenuti di maggiore interesse.

Un altro canale di riflessione più capillare, soprattutto nel mondo scientifico e più documentato è costituito dai giornali di divulgazione di alto livello come il New Scientist e Scientific American e dai bollettini di branche disciplinari (e corporazioni) specifiche, in particolare quelle interessate alle applicazioni tecnologiche. Veniamo così ogni tanto investiti da ondate di informazione che suscitano spesso accesi dibattiti fino a giungere alle prime pagine dei quotidiani.

Alcune di queste informazioni sono addirittura false o non sufficientemente provate (è il caso ad esempio della “fusione fredda”); quasi tutte tendono ad affermare un’immagine di scienza “progressiva”, capace cioè di risolvere i problemi e, nel caso della biologia, a consolidare quella concezione meccanica del vivente che, come si è visto, nella comunità scientifica è in crisi come interpretazione globale. Le notizie che fanno più clamore non sono quelle relative alla scoperta della complessità, delle interazioni, dell’importanza della variabilità ma i successi, veri o meno veri che siano, delle tecniche di manipolazione del materiale ereditario, delle nuove macchine inventate dall’uomo. Questa selezione dei dati è particolarmente evidente sul mezzo principe della educazione scientifica, i libri di testo delle scuole e, duole dirlo, anche universitari, che sono estremamente restii a inserire, in tutte le materie, quei dati pur ormai accettati nelle comunità che pongono le premesse per il ricambio delle teorie scientifiche e sono, invece, spesso aggiornati, almeno in alcuni Paesi, per quanto riguarda una serie di scoperte “sensazionali” ed adeguati al paradigma sociale corrente.

Si ha quindi l’impressione che non la scienza normale ma piuttosto la società normale si avvalga con grande profitto della potente struttura di diffusione della informazione per il mantenimento ed il rafforzamento di se stessa.

Si viene così all’apparente paradosso che, mentre nelle comunità scientifiche si va affermando un criterio di complementarità globale che vede linearità e complessità, determinazione e caso ecc. come aspetti non contraddittori ma appunto complementari della natura, all’esterno il dibattito tende a cristallizzarsi su due posizioni manichee proposte come inconciliabili. In realtà ciò che è inconciliabile non sono i dati, che derivano appunto dalla scelta di livelli e modi di osservazione diversi degli stessi processi, ma le ragioni sociali e politiche che tendono a rendere universali paradigmi locali di per sé spesso perfettamente validi. Sarebbe ripetersi quanto è già avvenuto, su scala più piccola al tempo della controversia sui ruoli relativi di interno ed esterno in biologia. Dato che ora la scala dei processi è globale si corre il pericolo che venga bloccata l’uscita nel sociale di una serie di nuovi paradigmi locali e che il feedback sulla scienza sia tale da diminuirne irreparabilmente la portata anche nelle comunità scientifiche.

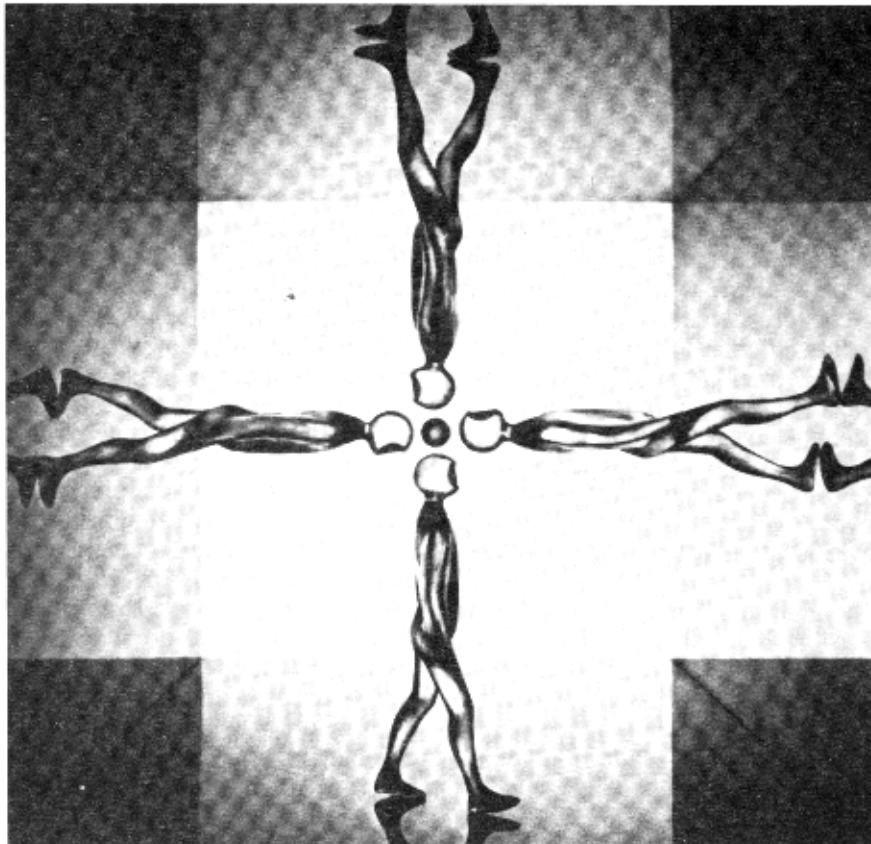
Tutto questo ovviamente non avviene solo sul piano delle idee ma anzi si ripercuote immediatamente sulla scelta applicativa di costruzione di tecnologie. Anche queste, ovviamente calibrate sul modello di sviluppo della attuale società “civile”, tendono ad essere sviluppate sulla base di una selezione di dati, tecniche e principi teorici che vengono dalla ricerca. Si tratta anche in questo caso, di equilibrio di rapporti di forza fra paradigmi sociali o meglio, per le tecnologie, di modelli di sviluppo.

La destinazione dei finanziamenti gioca in questo campo un ruolo veramente determinante anche se talvolta non ben decifrabile anche da parte degli operatori della ricerca. Mentre per un lungo tempo infatti, le commesse che venivano soprattutto dal privato erano di tipo precompetitivo, ora le imprese chiedono sempre più ricerca “di base” riservando ai propri laboratori la traduzione in tecnologie operati-

ve. Questo, mentre rende meno coatta la partecipazione della comunità scientifica, la allontana gradualmente dai meccanismi di controllo degli usi delle proprie scoperte. In questo senso, mentre in certi campi la scelta di obiezione di scienza si può basare su evidenti dati di fatto (ad esempio in gran parte della moderna ingegneria genetica), in altri, mancando la conoscenza della destinazione dei prodotti della ricerca, risulta molto più difficile e nebulosa. Questo deriva anche dalla sempre più compiuta espropriazione delle comunità scientifiche propriamente dette di tutto quanto può portare a tecnologia da parte dell'impresa privata, parte integrante di un modello di sviluppo e certamente non portata, se non di fronte a potenti pressioni di mercato e politiche, ad autoinnovarsi. Questo non per togliere "colpe" alla scienza né in alcun modo per rivendicare un ruolo di scelta ai "tecnici" che, come si è visto, non sono davvero arbitri imparziali, ma se mai per "smascherare" il ruolo della politica in senso lato, del dibattito filosofico-scientifico esterno-interno alla comunità, dei paradigmi sociali nel loro complesso, stranamente meno rinnovabili nelle categorie su cui si dibatte delle stesse teorie scientifiche. Queste appaiono paradigmi locali e non globali da sempre condizionati, anche se autonomi in un flusso circolare di informazioni apparentemente poco mutato nella sua struttura anche se immensamente accelerato dal rapidissimo evolversi della civiltà postmoderna verso un nuovo equilibrio, sicuramente determinato dai paradigmi sociali che domineranno, ma basato sui mezzi e sui paradigmi locali forniti dalle comunità scientifiche, certo forse più lontane dal controllo, ma attrezzate con strumenti teorici e pratici di enorme potenza. Sulle comunità stesse preme l'obbligo di differenziare per quanto possibile in modo corretto i dati avvertendo degli

eventuali pericoli e significati delle scoperte della ricerca. Perché questo avvenga tuttavia è necessaria una acquisizione di coscienza da parte degli scienziati della non invulnerabilità della loro cittadella e soprattutto del loro cervello, sottoposto come qualunque altro ad influenze esterne recepite anche quando non vengono avvertite. Questa autocoscienza, poco diffusa al momento attuale, potrà forse evitare i danni derivati dall'arroccamento disciplinare, dalla autodifesa pervicace della scienza normale, dall'assunzione del ruolo di detentori della verità, di maghi onnipotenti, dalla incapacità di condurre una lotta efficiente per il pluralismo. Perché questo processo sia possibile, è necessario che il dibattito interdisciplinare e fra le "due culture" si intensifichi e non sia più guardato con sospetto e fonte spesso di discriminazione sul piano del successo personale in ambedue le comunità. E forse in questo modo sarà possibile una utilizzazione più ampia di tutti gli strumenti di conoscenza che possediamo in quanto esseri umani, modificando magari il concetto di scienza ora rinchiuso in una immagine che esclude quanto della conoscenza non è, al momento almeno, matematizzabile e non porta ad aumentare la nostra capacità di racchiudere il mondo in leggi universali ed immutabili, immagine questa costruita specularmente su una società che tende anch'essa ad essere sempre più monotonale, rigida, costretta da limitazioni di libertà.

*Marcello Buiatti*



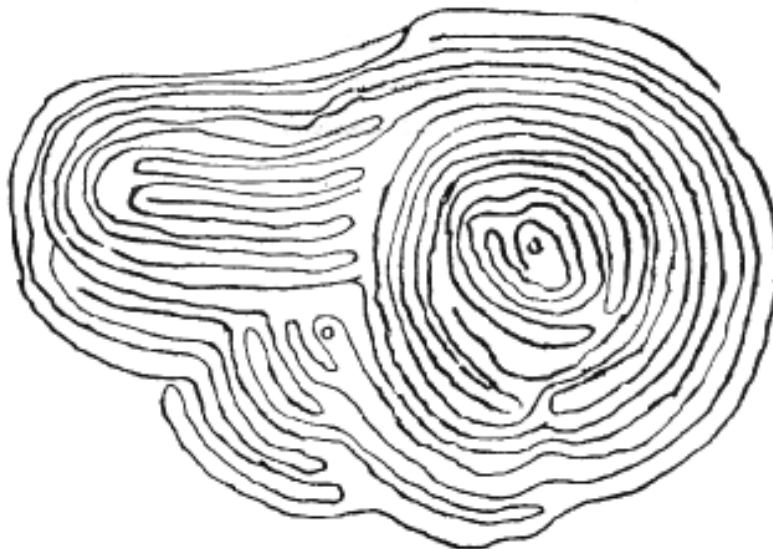
# NATURALMENTE

bollettino di informazione degli Insegnanti di Scienze Naturali

anno 8 • numero 1 • gennaio 1995

quadrimestrale

- L'analisi della trasposizione didattica in  
Yves Chevallard** Teresa Mariano
- La scienza: come se la rappresentano gli  
insegnanti** Eliane Orlandi  
a cura di Giuseppina Primavera
- Razzismo e Biologia** Marcello Buiatti
- Redi, Pasteur e la generazione spontanea** Maurizio Artoni
- Gli adolescenti ed il senso del tempo** Maria Teresa De Nardis
- Progetto Didattico Radon** Mirco Elena
- La candela** Elio Fabri
- Tempi duri per i docenti** Vincenzo Terreni
- Il verziere di Melusina** Laura Sbrana
- Strumenti** Brunella Danesi
- L'angolo del *morbido***
- Bird-Watching** Andrea Romè
- Recensioni**
- Censimento** Maurizio Antonetti





# Razzismo e Biologia

Quando si discute di razzismo, soprattutto in occasioni “ufficiali” (a scuola è spesso purtroppo “ufficiale” il rapporto fra docenti e studenti) si tende spesso ad analizzare una o poche delle molte forme che questo fenomeno può assumere senza entrare nel merito di alcune sue caratteristiche costanti e presenti in modo esplicito o seminconscio in tutti i casi. Usando una definizione larga che ritengo utile, per razzismo si può intendere quella serie di processi per cui singoli o gruppi di persone vengono individuati, “marchiati” con segni distintivi, isolati in vario modo come portatori di caratteri considerati negativi. Razzisti si può essere individualmente verso handicappati, persone che si lavano poco, individui timidi o “malati”, uomini e donne che non corrispondono agli ideali correnti di bellezza, che si vestono in modo “strano”, che non sono competitivi, che producono meno del previsto ecc.. Oppure il tentativo di emarginazione può essere rivolto a gruppi anche numerosi che vengono in qualche modo e per le ragioni più diverse, identificati come un “nemico”. Si possono allora colpire gli omosessuali perché sarebbero “contro natura”, comunità religiose diverse dalla maggioranza perché “infedeli”, i poveri o comunque quelli che non appartengono alla classe o al ceto sociale che emargina perché la commistione è “degradante”, gruppi etnici perché portatori di culture diverse e partecipi contemporaneamente delle condizioni di inferiorità di cui sopra o, ancora, collettività fantasmaticamente identificate come causa dei mali più diversi che devono comunque essere attribuiti a qualcuno che non sia, ovviamente, il gruppo emarginante. Il caso più evidente di questo ultimo comportamento è l’antisemitismo che infatti può essere fortissimo anche dove non ci sono praticamente più ebrei come avviene in Polonia, in Germania e, non è male ricordarlo, nel nostro amato e “tollerante” Paese.

Gli elementi comuni a tutti questi casi, pur così diversi, non sono pochi. C’è sempre un qualche tipo di rifiuto della diversità, il desiderio di scaricare insicurezze e disagi su qualcuno facilmente aggredibile, paura dell’ignoto, voglia di dimostrare a se stessi di appartenere al gruppo più forte, quello che comanda, violenza dettata da rabbia per le cause più diverse ecc. E c’è anche, praticamente sempre, il tentativo di trovare alibi per quello che si fa o per le inconfessabili

cose che si pensano, in qualche regola al di fuori di noi, possibilmente in dogmi irrefutabili o artatamente venduti come tali. Per questo si ricorre spesso da un lato alla religione e dall’altro alla scienza, equiparate nell’immaginario collettivo a corpus di conoscenze discendenti dal Creatore o da quel gruppo di amati-odiati scienziati. Dell’alibi religioso (e di alibi si tratta sempre di più perché la Chiesa, anche se lentamente, tende a liberarsene) non è utile né possibile discutere perché gli atti di fede non sono discutibili per definizione. Degli alibi scientifici invece si può e si deve parlare soprattutto per evitare che siano presi a copertura delle vere ragioni della emarginazione sulle quali non si discute mai con sufficiente sincerità ed apertura. Ciò è invece tipico del modo di trattare questi temi nella scuola in cui si tende a condannare i comportamenti emarginanti, antisemiti, razzisti come semplicemente malvagi ed asociali senza entrare nella spregiudicata analisi delle ragioni non solo degli atti ma dei sentimenti e delle pulsioni che, se non espressi apertamente e senza paura di condanne, si traducono solo in sensi di colpa nascosti e repressi. Questi, anche se sono naturalmente giustificati, possono facilmente tramutarsi in rabbia, ribellione e infine in violenza, l’unico vero modo di ribellarsi contro quanto non si sa, non si può, non si vuole giustificare. Non a caso, e questo non è davvero un concetto nuovo, uno degli aspetti più comuni del razzismo è il rifiuto della discussione e l’odio, anche questo razzista, verso quei ceti intellettuali che cercano di combattere il fanatismo con la ragione.

Le basi biologiche del razzismo sono raggruppabili essenzialmente in quattro “teorie” (sarebbe meglio chiamarle “convinzioni dogmatiche”). La teoria dell’ereditarietà del comportamento umano, quella della “naturalità” dei comportamenti sociali, la teoria delle differenze genetiche tra le razze, la teoria della negatività della diversità (teoria della linea pura). Nella terminologia classica una linea pura è costituita da individui che, di generazione in generazione presentano caratteri costanti. Vediamole per ordine. Il tentativo di attribuire le nostre caratteristiche comportamentali a fattori ereditari ha radici antiche (ne parla dettagliatamente Platone ma senz’altro il problema è precedente) ed era inizialmente soprattutto finalizzato a giustificare la struttura gerarchica della società (il

figlio dell'oro è d'oro, il figlio del bronzo è di bronzo). Più tardi, e anche nei nostri tempi, l'attribuzione ai geni di caratteristiche negative o positive del comportamento, o anche di qualità della vita (di status), ha assunto un carattere di forte alibi e giustificazione sia per chi si sente portatore di caratteri negativi sia per gli altri che giustificano così il non intervento per il miglioramento della vita dei propri simili. E' evidente infatti che se si è buoni o cattivi, tristi o felici, timidi o aggressivi, intelligenti o stupidi, poveri o ricchi, malati o sani perché ci sono "capitati" i geni relativi, sarà inutile ogni sforzo nostro o degli altri (della società) per cambiare la nostra condizione o la nostra posizione sociale. E nel complesso l'unico modo per "migliorare" l'umanità non potrà che essere quello di emarginare ("buttare via") gli scarti selezionando invece i "migliori". Ora, questa teoria, è del tutto falsa. Le stesse nostre caratteristiche fisiche, che pure senz'altro sono fortemente influenzate dai geni, non sono comunque interamente prevedibili anche una volta che ci fosse nota la sequenza del nostro, individuale DNA. Anche a parità di genotipo (l'insieme dei geni) si possono infatti avere fenotipi molto diversi a causa delle interazioni fra i geni e i segnali che provengono dall'ambiente che modificano l'azione dei primi facendone funzionare alcuni invece di altri e modulando quantitativamente la loro espressione. Del resto tutti noi sappiamo anche intuitivamente che un figlio di genitori piccoli potrà diventare alto se mangerà più di loro o condurrà una vita che per ragioni dirette e indirette (i nostri processi metabolici interagiscono fortemente gli uni con gli altri) porta a produrre più ormoni della crescita, a far funzionare di più i geni che servono a far assimilare di più ecc. Gli stessi gemelli monocoriali, che alla nascita sono praticamente indistinguibili, tenderanno poi a divergere se con storie di vita diverse. Se questo è vero, e come si vede non servono grandi conoscenze scientifiche per capirlo, ancora più complicata è la situazione per quanto riguarda il comportamento. Questo è infatti determinato in gran parte dal modo con cui avvengono l'immagazzinamento e la successiva utilizzazione di informazioni da parte del nostro cervello. Il cervello è un serbatoio di informazioni di molti milioni di volte più ampio di quanto non sia il DNA, che quindi semplicemente non può contenerle tutte. Inoltre è noto ed è stato sperimentalmente osservato in animali, che le sinapsi aumentano ed i neuroni acquistano funzionalità in seguito a stimoli, specialmente nelle prime fasi di vita. E infatti, come concludeva alla fine del 1993 un numero speciale di *Scientific American* (Le Scienze in edizione italiana) non si è avuta ancora una dimostrazione attendibile che i caratteri comportamentali come l'intelligenza, le stesse malattie mentali ecc. abbiano una base genetica. Comunque

sia, anche se ne esistesse una, è chiaro che i geni influiscono molto meno dei rapporti con gli altri esseri umani e in genere della storia delle nostre vite sul comportamento. Se i nostri comportamenti individuali sono variabili durante la vita e dipendono da essa è ovviamente ancora più vero che, seppure esistono ovviamente comportamenti specie specifici (la stazione eretta, la capacità di parlare, lo stesso uso del cervello ecc.) le relazioni con i nostri simili sono estremamente variabili, probabilmente proprio per la enorme plasticità del nostro cervello nei confronti di quella offerta dal DNA. Questo sfata una serie di leggende sulla naturalità di certi comportamenti come la aggressività, la competitività ecc. che si sarebbero selezionati durante l'evoluzione dell'uomo. Prova ne sia che i comportamenti di uno stesso popolo possono cambiare bruscamente anche più volte durante una generazione, fatto questo ovviamente del tutto incompatibile con la selezione di individui con genotipi di volta in volta diversi. In realtà si potrebbe dire che una selezione per i comportamenti collettivi nella società umana esiste ed in misura determinante, ma è una selezione del tutto culturale per cui in ogni tipo di società ci sono di volta in volta comportamenti collettivi favoriti ed altri sfavoriti in modo indiretto attraverso la comunicazione fra i componenti o anche direttamente con l'imposizione. Anche qui, per comprendere questi concetti, non servono molte conoscenze scientifiche. Basti pensare ai comportamenti variabili in tempi molto più rapidi dello scorrere di generazioni necessario perché caratteri genetici nuovi si affermino, tipici delle diverse rivoluzioni culturali, per non parlare di quelle socio politiche che si sono susseguite nel nostro secolo. Gli esseri umani quindi possono effettivamente avere comportamenti del tutto contraddittori pur avendo tutti i geni tipici della specie *Homo sapiens*. Non è affatto inevitabile quindi che facciamo le guerre, che si competa ferocemente fra di noi, che si emarginino gruppi interi di persone o singoli ecc. Possiamo, per quanto riguarda i nostri geni tranquillamente essere omosessuali ed eterosessuali, religiosi e laici, buoni e cattivi, timidi ed aggressivi ed anzi generalmente abbiamo in qualche modo tutti questi comportamenti durante la nostra vita.

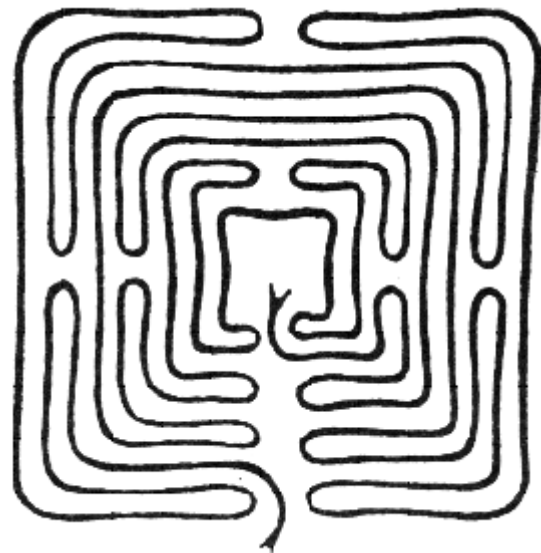
E' ovvio che se i geni hanno poco a che fare con il comportamento individuale e i comportamenti specie specifici sono talmente plastici da essere contraddittori, non sarà neanche possibile attribuire comportamenti caratteristici ai gruppi di persone individuabili con il termine razza. Questo, sia per le considerazioni svolte fino ad ora, sia perché effettivamente, come si diceva, il termine razza non ha senso biologico. A ben guardare infatti l'attribuzione ad una o ad un'altra razza di gruppi di persone viene fatta normalmente

con criteri che variano di volta in volta. Si è “negri” essenzialmente per il colore della pelle, un carattere determinato da pochissimi geni che controllano l’intensità del pigmento, del resto influenzato anche dall’ambiente. Ora il patrimonio genetico degli esseri umani è costituito da qualcosa come 100.000 geni, ognuno presente in forme diverse. Ognuna di queste forme (“alleli”) si trova con una certa frequenza relativa, variabile di popolazione in popolazione. Per esempio da noi, per quanto riguarda il colore dei capelli, i capelli neri sono più frequenti di quelli biondi, mentre in Svezia avviene l’opposto. Nel vocabolario disciplinare dei genetisti chi ha capelli neri da noi è detto “selvatico” mentre i biondi sono “mutanti”, termine che, nel suo significato scientifico proprio non ha niente di negativo né tanto meno di terrificante. In Svezia, naturalmente, ad essere “mutanti” saranno invece i bruni. Le due popolazioni per questo carattere quindi, non sono distinguibili in termine di presenza-assenza (tutti bruni o tutti biondi) ma di frequenze variabili. Lo stesso avviene per tutti i 100.000 geni, tutti presenti in ogni essere umano, anche se le frequenze relative dei diversi alleli variano di popolazione in popolazione. Due popolazioni saranno tanto più distanti geneticamente quanto più, le medie delle frequenze degli alleli dei 100.000 geni saranno complessivamente diverse. Va aggiunto che, durante la storia complessa delle popolazioni umane, gli incroci tra individui di popolazioni diverse sono avvenuti molto frequentemente e quindi gli alleli sono stati spesso scambiati.

Ora, se esistessero le razze come entità separate dovrebbero essere costituite da gruppi di individui la cui variabilità genetica interna (fra individui della stessa razza) nei termini ora descritti sia inferiore a quella registrabile fra le razze. Se questo tipo di studi viene fatto studiando non uno o pochi geni come nella distinzione classica fra neri e bianchi ma un campione numeroso di questi (ad esempio i gruppi sanguigni, i geni per l’istocompatibilità ecc.), si scopre che in realtà, come fa notare Lewontin nel recente libro su *Biologia e ideologia*, “l’85% di tutta la variabilità genetica umana nota è fra singoli individui dello stesso gruppo etnico. Un altro 8% di tutta la variabilità è fra gruppi etnici all’interno di una “razza” (ad esempio fra islamici, irlandesi, italiani e britannici) e solo il 7% è variabile fra le medie delle razze umane maggiori come quelle dell’Africa, Asia, Europa e Oceania”. Allora risulta chiaro che il colore della pelle non distingue razze diverse, tanto è vero che, ad esempio, per molti caratteri noi italiani, gloriosamente classificati come bianchi, siamo più vicini agli africani che agli Svedesi. Il colore della pelle viene invece utilizzato come “marchio” per distinguere popoli e popolazioni appartenenti ai Paesi del Sud del

mondo più poveri e deboli di noi che è più facile emarginare una volta che sia stato trovato un carattere distinto ed ereditario. Diventa infatti semplice in questo caso dire che gli individui ereditariamente “neri” sono anche ereditariamente poveri, hanno il senso del ritmo, sono sudici ecc. confondendo con i geni caratteri derivanti da tradizioni culturali o dalla stessa condizione sociale. Tutto ciò è ancora più evidente nel caso della cosiddetta “razza” ebraica per la quale i nazisti e i nostri fascisti sono stati costretti ad inventare un tipo fisico astratto praticamente inesistente fra gli ebrei della realtà come è facilmente verificabile andando in Israele, Paese caratterizzato da una variabilità di tipi fisici paragonabile soltanto a quella degli Stati Uniti, notoriamente crogiuolo di popoli provenienti dagli angoli più lontani del globo. A questo punto appare chiaro che il razzismo in tutte le sue forme usa i geni come alibi per operazioni di emarginazione tendenti a ridurre il numero di esseri umani a cui è concesso comandare, vivere con un alto livello di consumi ecc.

L’esigenza della riduzione del numero dei privilegiati si sta facendo fra l’altro sempre più forte mano a mano che l’innalzamento demografico costante e la riduzione delle risorse rendono sempre più difficile il mantenimento generalizzato di un tenore di vita plausibile. Si inseriscono in questo contesto selezionista le cosiddette teorie che sostengono la negatività della diversità ed i vantaggi della creazione di una umanità fatta di individui il più possibile uguali geneticamente in quanto portatori di tutti i caratteri “migliori”. Va chiarito subito che queste teorie, per un breve periodo di tempo sono state seguite anche dai selezionatori di animali e piante che tendevano a creare linee pure altamente produttive ed omogenee (costituiscono una linea pura individui che di generazione in generazione danno sempre figli uguali ai genitori). I selezionatori si sono tuttavia rapidamente accorti che l’omogeneità



(tutti gli individui con gli stessi alleli) è di per se stessa negativa sia perché un genotipo migliore in un ambiente può essere peggiore in un altro, sia in quanto in generale l'eterozigosi (la presenza di alleli diversi nello stesso individuo) è sinonimo di vigoria soprattutto in organismi che normalmente si incrociano fra di loro come gli animali. Questa è la ragione per cui nell'allevamento si utilizzano sempre più individui derivanti da incrocio fra popolazioni diverse. Ne discende che, essendo noi uomini animali, la selezione di uomini e donne omogenei sarebbe probabilmente causa della scomparsa della nostra specie. Si può invece affermare con tranquillità che dal punto di vista biologico essere diversi non solo non è negativo ma utile ed estremamente importante per la nostra stessa sopravvivenza.

Come si diceva all'inizio, i concetti che ho esposto hanno come unico scopo quello di eliminare dalle discussioni sul razzismo e, in genere sui comportamenti emarginanti, l'alibi della base genetica della natura umana, delle diversità comportamentali, delle razze, e riportarle quindi alle motivazioni reali, in gran parte di tipo ideologico e, soprattutto, socio economico. Si potrà allora discutere concretamente, ad esempio, se la manodopera di immigrazione effettivamente toglie posti di lavoro o costituisce invece un apporto positivo di forze nuove alla nostra economia, o ancora, se debba essere comunque accettata una visione più ampia, su scala mondiale in quanto favorisce un futuro di pace e di integrazione fra i popoli, impossibile invece in una situazione in cui prevalgono l'individualismo e la competitività. E, soprattutto, si potrà affrontare il problema della diversità non limitandosi alla tolleranza nei confronti di chi è diverso da noi, ma alla gioia derivante da immense possibilità che questa diversità ci offre di arricchirci individualmente e collettivamente, di inventare nuovi modi di vivere e quindi di progredire. Se è vero, come è vero che non c'è cambiamento senza diversità, come ci insegnano sul piano biologico la storia evolutiva e su quello sociale la storia, anche se breve, della evoluzione culturale umana.

E' forse utile sottolineare qui che i concetti ora esposti sono, ahimé, raramente oggetto di discussione, con questa ottica, nelle nostre scuole. Le ragioni di questo stanno, a mio avviso, non nella cattiva volontà degli insegnanti né tanto meno in un loro nascosto diffuso razzismo, ma, come sempre, nell'organizzazione dell'insegnamento e nella struttura stessa dei libri di testo soprattutto delle materie scientifiche. Di razzismo si parla infatti in modo estemporaneo ed avulso dai percorsi didattici normali e soltanto per condannarlo a priori e non dopo averne seriamente discusso in modo interdisciplinare. Non se ne analizza la storia, anche se il termine razza purtroppo a volte appare nei

libri di testo. Non se ne studiano i risvolti emotivi ed i tentativi di razionalizzazione basati su interpretazioni errate delle nozioni scientifiche, per la mancata interazione fra area umanistica e scientifica e per il modo con cui viene trattata la genetica in quest'ultimo. Non aiutano, da questo punto di vista, i testi in uso corrente. La genetica nei libri di scienze è infatti fortemente arretrata e, quando va bene, oltre al tradizionale mendelismo, discute di biologia molecolare nei termini che si usavano nei primi anni '80. Prevale allora una visione meccanica degli esseri viventi formatasi, in un periodo particolarmente favorevole per impostazioni neopositivistiche, sull'onda dei successi ottenuti, proprio dalla biologia molecolare, nel chiarimento di processi di passaggio di informazioni dal corredo genetico al fenotipo (l'insieme dei caratteri di un individuo). Sembrava allora che l'informazione passasse in modo estremamente preciso e che quindi, una volta chiarito il contenuto informativo del DNA, si potessero prevedere con precisione struttura e funzioni dell'organismo relativo. Questi concetti si prestavano ad essere estrapolati al comportamento, anch'esso propagandato come geneticamente determinato. Si è poi scoperto, come ho cercato di chiarire in questo articolo, che le cose non stanno affatto così. Nei libri di testo tuttavia l'impostazione è rimasta quella vecchia e quindi si presta poco ad una discussione critica ed approfondita. Va anche detto che negli stessi libri di scienze gli esseri umani vengono trattati come se fossero diversi dal punto di vista biologico dagli altri organismi, e comunque soprattutto dal punto di vista anatomo-fisiologico e biomedico. Anche i capitoli sul comportamento sono essenzialmente dedicati agli animali ed in gran parte staccati della genetica. Questo probabilmente viene fatto per evitare di entrare nello spinoso dibattito su ereditarietà e comportamento umano. Questo nel concreto non è nemmeno completamente negativo, se la parte dedicata alla genetica continua a soffrire dei problemi di cui si parlava e quindi, si suppone, gli estensori dei volumi tendono essi stessi a pensare in modo vecchio. Si tratterebbe quindi di modificare integralmente, da questo punto di vista, le linee portanti dei testi rendendoli più interdisciplinari anche come linguaggio, unificando la biologia generale con la biologia umana, aggiungendo e qualificando i contenuti, evitando di limitarsi ad esporli ma cercando di trarne alcuni concetti generali sintetici e di collegamento con altre materie pure insegnate nella medesima scuola. Se questo non succede, nei testi e nei percorsi didattici, resta forse il pericolo che i problemi di razzismo siano affrontati in modo rigido, retorico e celebrativo portando a reazioni di rifiuto o di semplice rimozione da parte degli studenti che ascoltano.

*Marcello Buiatti*

# NATURALMENTE

bollettino di informazione degli Insegnanti di Scienze Naturali

anno 10 • numero 4 • dicembre 1997

trimestrale

- |   |  |
|---|--|
| <b>Buon compleanno</b><br>Marcello Buiatti  | <b>Le piante “sanno”</b><br>Alba Gainotti  |
| <b>Autonomia, riordino dei cicli .. e invece ..</b><br>Catia Pardini                              | <b>La scoperta della radiazione di fondo trasforma la cosmologia in scienza sperimentale</b><br>Barbara Scapellato |
| <b>Lo sviluppo sostenibile: dal piano internazionale a quello locale</b><br>Daniele Scapigliati   | <b>Gazebo</b><br>Fabrizia Gianni   |
| <b>Ingegneria genetica: potenzialità e responsabilità della nuova Biologia</b><br>Luciano Cozzi   | <b>Docenti sui tabelloni</b><br>Luciana Converso Campanaro   |
| <b>Il virus</b><br>Vincenzo Terreni   | <b>E' nata ACASI, associazione contro l'analfabetismo scientifico in Italia</b><br>Lucia Campaniello Torricelli    |
| <b>Scienza e guerra, un rapporto contraddittorio</b><br>Paolo Farinella                           | <b>L'angolo del morbido</b><br>Mario Menichella  |
| <b>La candela</b><br>Elio Fabri   | <b>Bird-watching</b><br>Andrea Romè  |
| <b>Un'avventura astronomica</b><br>Anna Audrey Gatti  | <b>Recensioni</b><br>Paolo Farinella, Luciano Cozzi,<br>Maria Teresa De Nardis                                     |
| <b>Il Verziere di Melusina</b><br>Laura Sbrana  | <b>Navigare in Internet</b><br>Brunella Danesi   |
| <b>L'etica e l'educazione ambientale</b><br>Tiziano Pera  | <b>Lettere</b><br>Indice generale degli articoli e delle recensioni del primo decennio<br>Nicola Cardaci           |
| <b>Uso didattico di un'oasi naturalistica: l'area protetta di Bosco Tanali</b><br>Raffaello Corsi |  |



Francesco Redi

# Buon compleanno

MARCELLO BUIATTI

Questo è un articolo di compleanno, di un compleanno importante. I decenni, per convenzione sono importanti, anche nelle nostre vite individuali. Ci ripiomba addosso, nel bene e nel male, quello che è stato ma soprattutto ci interroghiamo sull'adesso e sul poi in conseguenza del prima. E' quello che vorrei fare io, per quanto mi riuscirà, per NATURALMENTE, augurando innanzitutto, un poi molto, molto lungo ma più che altro cercando di analizzare che ne è stato delle scienze e in particolare di quelle biologiche e naturali in questo Paese, quanto incidono i concetti derivati delle nostre discipline sullo "spirito del tempo", quale atmosfera e quali fatti possiamo aspettarci per il futuro. Dirò subito che il quadro attuale è intricato, difficile, ma soprattutto contraddittorio e che le scienze della vita sembrano essere presenti con immagini spesso molto diverse fra di loro, in modo implicito o esplicito, in una serie di mondi non comunicanti (la ricerca scientifica, l'economia e le tecnologie, la sanità e i servizi, la formazione scolastica, quella fuori dalla scuola e dalle Università, i mass media ecc.). Certo, gli ultimi dieci anni, sono stati senza dubbio caratterizzati da una serie di fatti che hanno messo biologia e scienze naturali in primo piano, aprendo questioni ed interrogativi del tutto nuovi nella storia dell'umanità. Nel 1987 (dieci anni fa) era da poco successa la tragedia di Chernobyl ed anche nel nostro Paese, con grande ritardo, era esploso il movimento ambientalista e con esso la coscienza diffusa dell'importanza vitale di una visione ecologica generalizzata ai campi della salute, dell'economia, del governo della cosa pubblica ecc. Il 1987 è anche l'anno in cui viene prodotta la prima pianta coltivata resistente ad insetti in quanto trasformata con un gene batterico codificante per una tossina, aprendo la strada alle biotecnologie vegetali dopo quelle batteriche ad applicazioni farmacologiche già in pieno sviluppo e a quelle animali rese possibili fin dal 1981, ancora indietro solo per la scarsa tolleranza dei nostri organismi alle modificazioni genetiche. Contemporaneamente, le applicazioni mediche delle scoperte della biologia cominciavano ad estendersi alla cura delle malattie del nostro secolo, quelle vecchie ed una nuova, tremenda, appena comparsa, ed alle tecniche riproduttive. In questi anni, ancor più che all'epoca della prima "rivoluzione industriale" della biologia, quella farmaceutica del secondo dopoguerra, è risultato chiaro a tutti che le scoperte

delle scienze della vita hanno dato origine a tecnologie in grado di incidere anche violentemente sull'economia, sull'ambiente, sulla salute umana, perfino sul modo che l'umanità ha di concepire se stessa, sulla dignità, libertà e coscienza individuale. In questo quadro la nuova ed inusitata commistione fra scienze biologiche naturali ed economia sta senza dubbio creando un'area di conflitto fra due scale di valori, quella della vita e quella del mercato che non si erano mai confrontate in modo così diretto. Dal conflitto ha preso impulso un'intera disciplina, la bioetica, mentre si aprono vaste aree di interfaccia con la matematica e la fisica nel tentativo di modellizzare matematicamente i comportamenti dei sistemi biologici in quanto sistemi complessi dinamici ed intrinsecamente in parte imprevedibili. Con la stessa filosofia si lavora sia per il necessario aggiornamento o modificazione della teoria evolutiva, che per meglio comprendere le implicazioni profonde di quello che siamo andati scoprendo sulla struttura-funzione degli organismi e quindi di noi stessi. Si può ben dire che le due aree scientifiche che più stanno modificando e modificheranno il nostro mondo nei prossimi anni sono e saranno quella biologico-naturalista e quella delle scienze della comunicazione. Questa, va detto, è una sensazione diffusa, ma da una serie di segnali appare che il livello di razionalizzazione di quanto avviene sia ancora molto basso e che soprattutto la discussione tenda a svolgersi più sugli aspetti, se così si può dire, virtuali del fenomeno che su quelli reali. Ciò deriva da un lato dalla "senzionalizzazione", e quindi semplificazione, virtualizzazione di tutto da parte dei mezzi di comunicazione ma anche, dall'altro, da una crescente incapacità (o una decrescente voglia) dei ricercatori di uscire dal particolare del proprio singolo esperimento, magari rivoluzionario, per indagarne il significato generale collegandolo agli altri, ed alle sue implicazioni per la visione del mondo e di noi stessi e per gli effetti possibili delle sue applicazioni. Ne deriva una profonda debolezza teorica che giunge fino a carenze di comprensione, da parte degli stessi ricercatori, di quanto stanno facendo. Per fare un esempio, i dati sulla ambiguità e instabilità del DNA si stanno accumulando da anni e nessuno li contraddice ma sono pochissimi quelli che li collegano ad una visione dinamica ed in parte imprevedibile della vita. O ancora, nessun biologo smentirebbe il fatto che

il metabolismo è costituito da una rete di reazioni collegate fra di loro, ma molti entrano in crisi se si dice che, di conseguenza, modificare una di queste reazioni comporta l'alterazione di una serie di altri passaggi della rete in modo in parte imprevedibile. Tanto più che i biotecnologi continuano a sbattere il naso sulle reazioni impreviste alla introduzione in una specie di geni provenienti da altre, soprattutto se i geni in questione hanno un ruolo importante nella vita e se gli organismi sono complessi. La debolezza teorica si estende anche al campo della ecologia in cui moltissimi valenti scienziati pur partendo da una visione della realtà che giustamente si autodefinisce complessiva, si dimenticano totalmente delle interazioni degli ecosistemi con l'uomo e con l'economia o nel migliore dei casi considerano questi come fattori esterni dati, dei cui comportamenti devono interessarsi altre discipline specifiche non comunicanti.

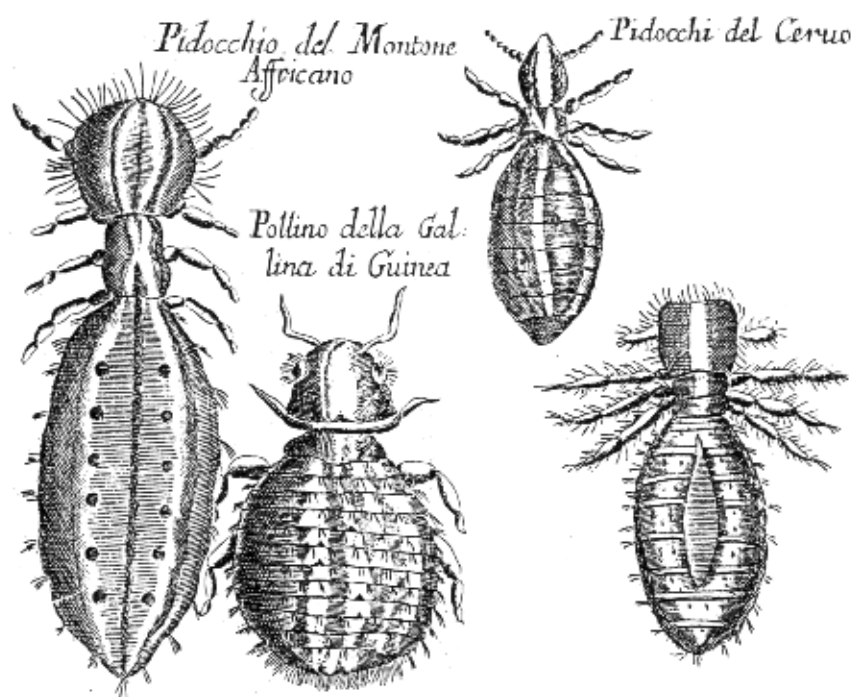
Se questo è il quadro, non incoraggiante, "all'interno" della scienza, ne discende che pochissimi sono i biologi e naturalisti nel nostro Paese che vanno oltre l'analisi dei propri ed altrui risultati addentrandosi nella valutazione degli effetti possibili delle loro scoperte sulla società sia dal punto di vista concettuale che delle possibili modificazioni del mondo reale e di noi stessi. E d'altra parte, questo è un campo a mio parere, non solo interessante ma, direi di doveroso interesse per chiunque faccia il biologo sperimentale in prima persona. Sul piano delle idee non è la stessa cosa, infatti affermare che il nostro cervello è fatto di elementi non comunicanti, che le funzioni sono interamente localizzate in modo additivo o dire invece che si tratta di una rete interattiva capace di ridondanza e funzioni "vica-

rianti", di cui è fondamentale conoscere le regole complessive oltre a quelle parziali, dei singoli settori. Come ha effetti molto diversi affermare che i nostri comportamenti sono tutti predeterminati alla nascita o invece che sono funzione complessa della nostra storia di vita o, ancora, tornando a quanto si diceva prima, pensare che l'economia è parte dell'ambiente e viceversa, o considerare i due sistemi come entità separate e non comunicanti. Ancora più ovvio diventa poi il discorso al secondo livello, quello delle modificazioni materiali degli esseri viventi incluso l'uomo attraverso le moderne biotecnologie e quello della modificazione della nostra società con l'istituzione della brevettabilità della vita ed i suoi riflessi sulla fame nel mondo, sui rapporti Nord-Sud, su pezzi consistenti della nostra scala di valori. Su molti di questi problemi si contano su poco più delle dita delle mani i biologi e naturalisti che intervengano "sporcondosi" con il dibattito, acceso ed estremamente importante, in atto su queste questioni, nel nostro Paese.

Tutto viene quindi lasciato e, senza, si badi bene, alcuna colpa da parte loro, a studiosi, come si dice, di discipline umanistiche e poi come è ovvio, ed anche giusto, ai politici. Le decisioni prese, di conseguenza sono molto emotive, impulsive e, anche quando sono giuste incapaci di sollecitare il dibattito fra la gente, sempre più spaesata e diseducata.

Siamo così giunti all'area che forse più interessa, per "deformazione professionale", a NATURALMENTE, quella della divulgazione ragionata e soprattutto della istruzione e della formazione.

E' in questa area che si gioca, come sempre, gran parte del nostro futuro perché è da qui che dovrebbe partire,



per ragioni istituzionali, lo stimolo al pensiero in genere ed alle sue applicazioni alle Scienze biologiche e naturali di cui, credo, abbiamo urgente bisogno. Senza entrare in un gioco di definizioni che certo non mi compete, credo che si possa dire con certezza di non sbagliare di molto, che funzioni del pensiero sono, senz'altro la descrizione ma anche, e soprattutto, la ricerca di collegamenti fra le osservazioni alla ricerca di regole (le "caratteristiche emergenti" dei sistemi complessi) non desumibili dalla pura analisi delle singole serie di dati. Pensare ciò, non significa riempirsi la testa di nozioni ma comprenderle organizzandole in una struttura logica che ci permetta di estrapolare, prevedere e anche "inventare", prendere decisioni, muoversi in avanti con l'uso di tutte le facoltà che il nostro cervello possiede. Educare vuole allora dire stimolare a questo tipo di esercizio mentale a partire, naturalmente, dalla accumulazione di conoscenze, le più aggiornate possibili. Tutto questo richiede una serie di requisiti, al momento, ahimè, ben poco presenti nelle nostre istituzioni formative, ivi comprese come abbiamo visto quelle della ricerca e dell'università. E' necessaria innanzitutto una vasta azione di formazione dei formatori che, sia ben chiaro, è aggiornamento ma anche "semina" di una serie di stimoli alla curiosità, al pensiero come lo descrivevo prima, alla interazione con altre discipline, alla elaborazione di percorsi didattici interattivi su queste materie, e alla comprensione dei metodi e delle mentalità con cui operano "sul campo" i biologi ed i naturalisti del tempo presente. Chi scrive, come molti dei lettori di *NATURALMENTE* sanno, si occupa da molti anni di formazione ed ha registrato, va detto con onestà, un forte e anche forse crescente interesse degli insegnanti di ogni ordine e grado all'aggiornamento, alla comprensione delle nostre materie, al collegamento concettuale con altre discipline. Gli ostacoli tuttavia sono obiettivamente grandi. Innanzitutto, data la situazione della ricerca di cui si è discusso prima, la risposta "accademica" a questa domanda non può che essere carente e dal punto di vista quantitativo (non si va davvero in cattedra, nemmeno a Scienze dell'educazione, facendo aggiornamento) e, soprattutto da quello qualitativo. Vero è anche che la domanda ufficiale di aggiornamento è molto spesso amorfa, non coinvolgente e poco rispondente alle richieste implicite o esplicite degli insegnanti stessi. Detto in altre parole, generalmente all'accademico viene sostanzialmente chiesta non una sistemazione concettuale dell'argomento da trattare ma una attualizzazione dei "progressi scientifici". Questa richiesta spinge l'aggiornatore, ignaro del mondo della scuola, poco motivato a fare un po' di fatica pensando fuori dagli schemi abituali, nel migliore dei casi a "sorprendere" l'uditorio con una enumerazione acritica delle straordinarie imprese delle scienze, nel

peggiore ad annoiare mortalmente con una esposizione pedante e spesso fatta in modo incomprensibile. Il tutto è poi facilitato dall'atteggiamento degli insegnanti stessi duramente condizionati da un ingiustificato senso di inferiorità, rassegnati ad ascoltare senza interferire, pronti anche a trasmettere noiosamente e acriticamente quanto è stato loro noiosamente e acriticamente esposto.

La catena così si conclude di fronte agli alunni che, fuori della scuola, sono invece bombardati quotidianamente dalle notizie sensazionali sulle nuove biotecnologie, sui progressi della medicina, sui disastri ambientali, dai messaggi contraddittorii delle associazioni ambientaliste, della divulgazione bioetica, delle imprese e degli economisti, dei teologi ecc. Il tutto a ondate frastornanti, terrorizzanti o entusiasmanti mai collegate, mai base per un ragionamento più vasto e spostato verso il futuro. Tutto ciò sembra indicare che il flusso di domanda di pensiero scientifico dalla gente ai formatori, e da questi ai ricercatori, si sia arrestato per fare posto invece ad una richiesta di stupore, di rassicuranti quanto generiche prospettive "specifiche", anche di orrore, sempre di magia che distolga dalla realtà quotidiana delle cose, anneghi nel virtuale quella che sembra una rapidamente crescente angoscia ed ansia per il futuro. Questa, di dimenticarsi il futuro sembra una caratteristica di base del nostro Paese che non fa figli, che non previene nulla dai danni ambientali alle malattie, per la cui profilassi ha una gloriosa tradizione, che programma il suo futuro economico dal punto di vista monetario ma non da quello dell'aumento di competitività attraverso l'innovazione tecnologica. Qui sta, probabilmente l'altro corno dello scarso interesse per la scienza e in particolare per le scienze biologiche e naturali dato che tecnologie per l'ambiente e biotecnologie sono, come si diceva all'inizio le due aree in cui le nostre discipline si confrontano e si confronteranno con la realtà economica. Il fatto che il nostro Paese, quinto e sesto nel mondo per la produzione sia solo trentottesimo per l'innovazione è causa non ultima dell'improvvisa diminuzione dei finanziamenti nazionali per la ricerca proprio nelle aree che il libro bianco di Delors indicava come più promettenti. Si spiegano così la tendenza a considerare magiche e cioè, virtuali, non incidenti sulla realtà futura, le conquiste delle scienze biologiche e naturali, e, conseguentemente il disinteresse con cui i nostri governanti sembrano guardare alla scienza come fonte di sviluppo mentale e materiale.

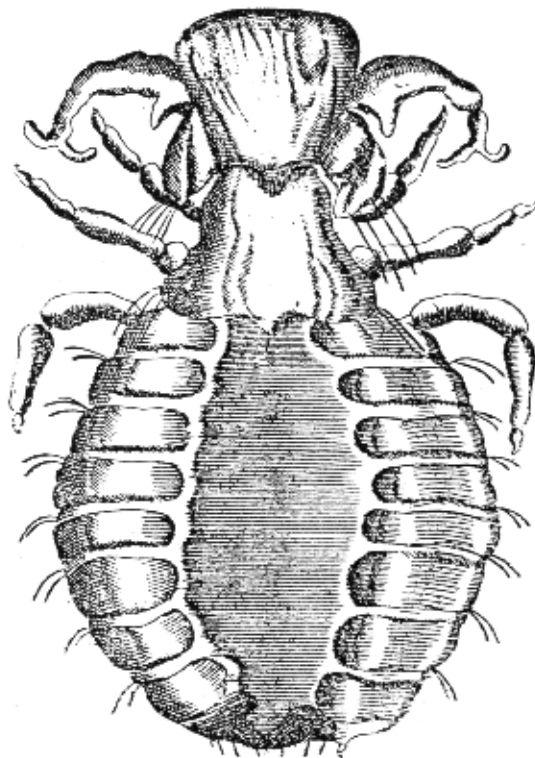
Mentre si riducono infatti gli investimenti nella ricerca e sviluppo, scompaiono quelli per la ricerca di base, vengono di fatto ridotte le ore di insegnamento e soprattutto di sperimentazione di tutta l'area scientifica e proliferano invece corsi e corsetti teoricamente professionalizzanti che addestrano nel migliore dei



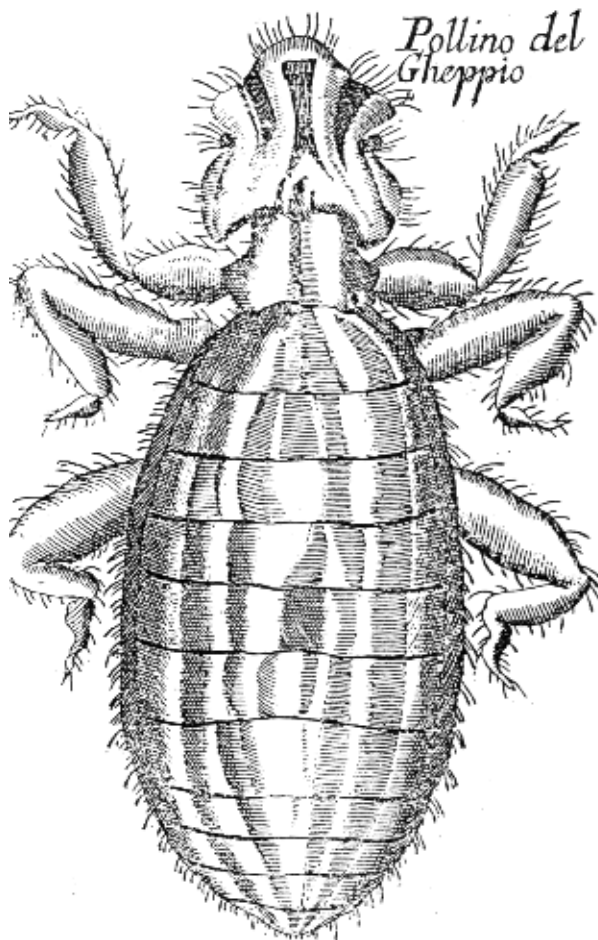
casi all'uso di pezzetti di conoscenza avulsi da ogni preparazione di base e, oserei dire, di educazione al pensiero. Ne deriva che la scarsa e decrescente importanza delle scienze nella nostra cultura non è colpa di una discriminazione effettuata dalla componente umanistica ma deriva da una realtà sociale ed economica oggettiva che travalica il problema delle due culture. E' infatti facile profezia dire che da questo "sonno scientifico" saremo risvegliati fra non molto non foss'altro che per la debolezza economica che ne deriva. Alcuni segni premonitori di questo risveglio sono il risorgere di interessi interdisciplinari e la richiesta ormai pressante di conoscenza che al mondo scientifico viene da quello umanistico, alcuni deboli segni di risveglio polemico di gruppi di ricercatori, la stessa discussione sulla bioetica, e il desiderio inespresso, esistente fra i docenti della scuola, di discutere criticamente le nostre discipline per insegnarle in modo nuovo ed adeguato. Certo le condizioni oggettive per la ripresa sono estremamente difficili ma necessariamente cambieranno e comunque non sono dovute a un qualche maligno istinto persecutorio nei nostri confronti ma ad uno "spirito del tempo" che, al momento ci è sfavorevole. Condizioni soggettive per uscirne sono intanto l'abbandono del gioco della autocommiserazione molto in voga nelle nostre scuole e che spesso va oltre una normale risposta alle difficoltà e, parallelamente, la ripresa di un po' di orgoglio di categoria intellettuale. Questo perché, nonostante tutto, è probabilmente proprio la scuola l'area più cosciente dei problemi e più capace di riattivare la domanda verso l'accademia e l'offerta verso gli alunni e la gente in generale, di conoscenza ragionata, purché si esca dal pietismo e dalla accettazione della accademia quale è in questo momento e si passi a chiederne la trasformazione culturale, se necessario, anche con la giusta aggressività. Anche su *NATURALMENTE*, che pure questa linea ha sempre perseguito, mi piacerebbe vedere più articoli "cattivi" sul vicolo cieco in cui ci stiamo muovendo, più sollecitazioni all'università ed alla ricerca sull'importanza della formazione e sulla necessità di iniziare una seria autocritica dei comportamenti e del modo con cui vengono offerte le conoscenze. Questo per preparare i giovani in tutte le sedi di insegnamento ad affrontare il risveglio con intelligenza e razionalità ed a ripensare al futuro in termini concreti tenendo conto che le società non sono mai statiche né definitive, ma si muovono ed è realmente possibile, ora come sempre, intervenire per cambiarle. Il mio augurio per *NATURALMENTE* è quindi di continuare a essere quello che è, magari incattivendosi un po', fornendo un piccolo ma per me molto importante punto di riferimento per chi ha ed avrà voglia di pensare e di "rompere le scatole" agli altri perché ragionino e si ricordino il futuro.

*Marcello Buiatti*

*Pollino del Patrone*



*Pollino del Gheppio*



# Recensioni



**Marcello Buiatti**

***Lo stato vivente della materia,  
le frontiere della nuova biologia***

**Edizioni Utet, 2000**

*... Per me la presenza degli esseri viventi è sempre stata fonte di gioia. Ho un rapporto colloquiale ed affettivo con loro, piante, animali, esseri umani e, perché no, anche qualche batterio, quando lo vedo agitarsi e scodinzolare sotto le lenti di un microscopio.*

*Mi stanno simpatici perché sono multiformi, armonicamente disordinati, imprevedibili, in continuo cambiamento da qualcosa, come tre miliardi e mezzo di anni fa o giù di lì...*

*Marcello Buiatti*

E' una grande gioia per la redazione di NATURALMENTE veder pubblicato questo saggio di Buiatti (1), persona che amiamo e stimiamo molto non solo per il suo lavoro di scienziato, ma per la sua profonda umanità, per la disponibilità che ha sempre rivelato nei nostri confronti e in genere nei confronti di quanti, e sono molti, sono ricorsi a lui per aiuto e consigli; molti insegnanti lo hanno cercato per invitarlo a incontri con studenti e tali appuntamenti si sono spesso rivelati magici, perché Marcello riesce a parlare in modo semplice e chiaro, stabilendo con l'auditorio un particolare feeling.

La nostra stima, però, è soprattutto dovuta alla serietà e all'entusiasmo che ha sempre dimostrato perseguendo battaglie civili di grande rilevanza, come quella che lo vede impegnato da tempo sul fronte degli OGM, in cui ha assunto la difficile posizione di non demonizzare e nello stesso tempo non acclamare acriticamente le nuove tecnologie, invitando tutti, cosa non facile, a discriminare "il grano dal loglio" (2).

Il volume fa una sintesi delle caratteristiche fondamentali dei sistemi biologici, utilizzando anche acquisizioni provenienti dallo studio dei sistemi complessi e della vita artificiale ed è completato da tre schede in cui ne vengono approfonditi gli strumenti matematici, fisici e informatici.

Anche se i libri di testo, i mass media e numerose istituzioni di ricerca sembrano non averne preso atto, il "dogma centrale" è stato messo in crisi agli inizi degli anni '80 e con il suo superamento è anche venuta meno l'immagine, cara a Monod di una evoluzione dominata da caso e necessità. In realtà da tempo è stata messa in luce la presenza di periodicità nella successione dei nucleotidi; si sa che il DNA degli eucarioti è solo in

minima parte codificante non soltanto a causa della presenza degli introni, ma anche perché gli stessi esoni possono ordinarsi in modo diverso a livello di diversi tessuti dello stesso organismo, codificando quindi per proteine diverse. La stessa definizione di gene è dunque venuta meno, non essendo quest'ultimo più fisicamente identificabile in una specifica sequenza di DNA. D'altra parte, quello che un tempo veniva definito DNA spazzatura, sembra giocare un ruolo fondamentale nella regolazione dell'espressione delle diverse proteine. Buiatti, così, con dovizia di dati sperimentali, mostra come il DNA riesca a codificare le proteine in modo che siano al contempo sufficientemente stabili ma anche in grado di variare in base a sollecitazioni endogene ed esogene.

L'autore illustra e rielabora in una sintesi di forte fascino il pensiero di Thom, Prigogine e Kauffman (3), evidenziando come le strutture dissipative, in grado di ridurre localmente anche il grado di entropia di un sistema inanimato, abbiano giocato e giochino un ruolo importante nel vivente e la riproduzione in questo contesto potrebbe essere vista come un mezzo per rinnovare periodicamente le condizioni di partenza che avevano innescato il processo di organizzazione, evitando che il sistema ritorni ad un equilibrio stabile di non vita. Lo stato vivente si automantiene in condizioni perennemente lontane dall'equilibrio; i suoi componenti, imprigionati e stipati all'interno di una membrana, interagiscono in modo non casuale, ma strettamente legato alle loro conformazioni e al loro stato energetico e creano macromolecole e poi organuli con caratteristiche emergenti, non prevedibili dall'osservazione dei componenti; questa continua interazione crea un'armonia in cui ordine e gradi di libertà si susseguono in modo incessante in una perenne omeorresi; sottili fili di reciproche interazioni legano fra loro le cellule nelle colonie o negli organismi pluricellulari e questi a loro volta sono fra loro interdipendenti, grazie ad una fitta serie di segnali ancora più complessi.

Il DNA in realtà fa esso stesso parte della rete, non ne è esterno, ma ne è un elemento, anche se fondamentale, per cui la composizione genotipica di un individuo non ne determina univocamente il fenotipo. L'autore riporta, fra l'altro, dati del suo gruppo di ricerca che confermano come ad esempio fattori di stress aumentino la frequenza di mutazioni e di ricombinazioni in diversi organismi. In cellule eucariote, in cui l'espressione genetica venga inibita per aggiunta di un gruppo metile ad una data sequenza, si è osservato che, se tale inattivazione dura sufficientemente a lungo, il gene inutilizzato tende a divenire non funzionante in modo permanente; si può pensare dunque che un determinato stato fisiologico, determinato da particolari condizioni ambientali, possa rendere inattivi determinati geni ed attivarne altri.

La tesi forte sostenuta dall'autore è che la memoria contenuta nel DNA non è assimilabile a un programma informatico autosufficiente; esso, infatti, non contiene l'informazione per la utilizzazione dei suoi prodotti: il collegamento fra i geni non si realizza direttamente, ma grazie a stimoli provenienti dal citoplasma, a sua volta sensibile alle sollecitazioni ambientali, le stesse che determinano la differenziazione cellulare che porta allo sviluppo di un organismo pluricellulare completo. Il permanere della vita deriva proprio dalla capacità tutta speciale di essere sufficientemente plastica: "... lo sviluppo è un processo cognitivo in quanto durante la sua evoluzione apprende dall'esterno e tramuta l'apprendimento in cambiamenti al suo interno ..."

E' chiaro che tutto ciò abbia ripercussioni sui modelli evolutivi, di cui l'autore traccia un quadro rivisitando le posizioni di Hugo de Vries, Galton, gli importanti contributi di Hardy e Weinberg, i nodi sciolti dalla Sintesi moderna e quelli che la stessa lasciava aperti, sino ad arrivare a Needham, Waddington, Thom, Gould, mettendo in luce come, malgrado le asserzioni di principio, portate avanti ad esempio dal gruppo di Kauffman, il darwinismo sembra essere più vivo che mai, anche se è innegabile, e molti esempi sono presenti nel saggio, che molte delle biforcazioni che hanno portato alla attuale varietà dei viventi siano iniziate da un evento casuale, senza un immediato vantaggio selettivo.

Nell'ultima parte del saggio Buiatti affronta temi di scottante attualità e che da tempo lo vedono impegnato: la minaccia agli ecosistemi, le biotecnologie, le pulizie etniche.

La memoria che da più di tre miliardi di anni ha reso possibile l'organizzazione degli strumenti-proteine è il DNA ed a questa si è sovrapposta recentemente una memoria se possibile ancora più potente, quella che consente agli uomini di conservare il prodotto dei propri neuroni su supporti materiali (dalle pietre scolpite, ai libri, agli strumenti informatici), andando a costituire un sistema organizzato di pensiero che interagisce con la materia e con tutta la vita del pianeta e che porta a trasformazioni evolutive assai più rapide di quelle regolate dall'evoluzione biologica. L'uomo deve essere capace di utilizzare al meglio le informazioni da lui stesso prodotte e soprattutto deve abbandonare modelli meccanicistici che si sono rivelati non esaustivi e che potrebbero fargli pensare di poter dominare completamente il mondo, magari modificando a volontà e in modo completamente prevedibile i viventi, eliminando i "geni cattivi" a favore di quelli "buoni". Dal momento che la natura privilegia un "disordine benevolo", cioè la variabilità, l'eterozigosi, questa va salvaguardata in tutti i viventi. Chiarito che i viventi e il mondo inanimato sono all'interno di una rete in cui

tutti i nodi sono fra loro interdipendenti, anche se evidentemente con livelli di interazione diversi, e diversi livelli gerarchici, è ovvio che qualunque azione è destinata ad influenzare tutto il sistema, che potrà reagire in modo omeoretico, assorbendo la variazione indotta; se l'intervento, però, fosse troppo pesante, si potrebbe ottenere un effetto disgregante. La nostra cultura deve essere in grado di prevedere le conseguenze dei nostri interventi, anche se le leggi economiche classiche hanno creato una perversa scissione fra le azioni economiche e le basi materiali su cui queste agiscono; eppure è impossibile produrre senza materia ed energia e i prodotti e l'energia si trasformano, ma finiscono sempre da qualche parte.

L'uomo deve prendere coscienza di vivere in un sistema integrato ed interattivo e deve essere in grado di costruire modelli adeguati di previsione degli effetti dei suoi atti, utilizzando un approccio globale che permetta l'unificazione di discipline che al momento colloquiano ancora molto scarsamente fra loro.

Brunella Danesi

#### Note

(1) E' difficile far dire al professor Buiatti quali siano i suoi titoli, vi accenna sempre in modo noncurante, ma una ricerca su internet ha fornito il seguente risultato:

Vicedirettore del Dipartimento di Biologia animale e Genetica  
Vicepresidente C.d.A Istituto per gli Studi Avanzati Galileo Galilei (IASG)

Direttore dell'Unità Locale di Firenze, *Consorzio Interuniversitario Biologia Molecolare delle Piante*

Presidente Centro Interdipartimentale Biotecnologie Agrarie Chimiche Industriali (CIBIACI)

Coordinatore scientifico PNR Biotecnologie MURST Tema 4 *Agrobiotecnologie*

Coordinatore generale Progetto U.E. "Functional molecular markers" Biotechnology DGXII

Membro Comitato di Gestione *Programma Nazionale Biotecnologie Vegetali* (MIPA)

Membro Comitato sc. Istituti CNR *Miglioramento genetico delle piante forestali* (Fi) e Istituto di *Miglioramento Genetico* (Na)

Membro Comitato Scientifico *Agenzia Nazionale Protezione Ambientale* (ANPA)

Presidente Nazionale *Associazione Ambiente e Lavoro*

Esperto Comitato Economico e Sociale Unione Europea sugli Organismi Geneticamente Modificati

Esperto valutatore Progetto U.E. area Biotecnologie

Membro Commissione Ministero Ambiente *Biodiversità e Bioetica*

Membro Comm. *Risorse Genetiche* del Min. pol. Agr. (MIPA)

Ha scritto fra l'altro:

*Genetica* Sansoni, 1985, 1989;

*Le frontiere della Genetica* Editori riuniti, 1984, 1989;

*Natura e cultura* Nuova Italia, in stampa, Marzo 2001;

*Biotecnologie, ingegneri della vita* Il Mulino, in stampa, giugno 2001

(2) Un articolo interessante sull'argomento è uscito sul Manifesto nel giugno del 2000 dal titolo *Biotecnologie, il grano e il loglio*

(3) Kauffman Stuart *At home in the universe* 1995 tradotto in italiano presso gli Editori Riuniti

# XIII Convegno Nazionale ANISN

## Una visione del mondo

Cultura, Natura, Comunicazione nell'insegnamento delle Scienze Naturali

Autorizzazione ministeriale Uff. VII/3861 del 27.11.03

Valida ai fini dell'aggiornamento

23 - 27 marzo 2004 Centro Incontri della Regione Piemonte, Corso Stati Uniti 23 - Torino



### Programma

Martedì 23 marzo 2004

ore 8.00

APERTURA SEGRETERIA

Registrazione al Convegno

ore 9.30

APERTURA DEL CONVEGNO

Introducono:

Vincenzo TERRENI - *Presidente ANISN*

Luciana CAMPANARO - *Presidente ANISN Piemonte*

Interventi di rappresentanti degli enti locali

Giampiero LEO - *Assessore alla Cultura e all'Istruzione della Regione Piemonte*

Gianni OLIVA - *Assessore al Sistema Formativo ed Educativo della Provincia di Torino*

Fiorenzo ALFIERI - *Assessore alla Cultura della Città di Torino*

APERTURA DEI LAVORI

Luigi CATALANO - *Direttore dell'Ufficio Scolastico Regionale per il Piemonte*

Elisabetta DAVOLI - *Direzione Generale Ordinamenti Scolastici*

Enrico PREDAZZI - *Preside della Facoltà di Scienze MFN, Università di Torino*

### L'immagine della scienza: scienza e natura

*Dalla natura alla scienza: riflessioni epistemologiche e metodologiche*

Harry MANELLI - *Università La Sapienza di Roma*

### L'immagine della scienza: scienza e cultura

*Due, Tre, Quattro... o Una cultura?*

Carlo OLMO - *Politecnico di Torino*

*Biologia e spirito del tempo*

Marcello BUIATTI - *Università di Firenze*

*Scienza e cultura, un rapporto difficile*

Elio FABRI - *Università di Pisa*

- Dibattito

Pausa pranzo presso la sede del convegno

ore 14.30

### L'immagine della scienza: scienza e società etica, responsabilità, educazione

*Etica ed etichetta della scienza*

Aldo FASOLO - *Università di Torino*

*Sulla metafisica dei costumi nella società tecnologica*

Vittorio MARCHIS - *Politecnico di Torino*

*Anche gli alberi sanno volare*

Tiziano PERA - *SIS Piemonte*

- Dibattito

Lavori delle Sezioni ANISN sui temi della giornata

Coordina: Luigi D'AMICO - *Direttivo ANISN*

Aperitivo

I TESORI DI TORINO

*Visita al Museo Egizio*

Mercoledì 24 marzo 2004

ore 9.00

### L'immagine della scienza: scienza e didattica

*Scienze Naturali: una o tante discipline?*

Elena CAMINO - *Università di Torino*

Elena FERRERO - *Università di Torino*

Luigi CERRUTI - *Università di Torino*

Giuseppe BARBIERO - *Università di Torino*

*La dimensione relazionale dell'insegnamento*

Giorgio BLANDINO - *Università di Torino*

*Gli ostacoli cognitivi nell'insegnamento delle Scienze Naturali*

Elide CATALFAMO - *ANISN Trieste*

Clementina TODARO - *ANISN Napoli*

- Dibattito

Pausa pranzo presso la sede del convegno

### La verticalità dell'insegnamento delle scienze naturali

*Tavola Rotonda*

Coordina Fiorenzo ALFIERI - *Assessore alla Cultura della Città di Torino*

Intervengono esperti di didattica della Scuola di I e II grado, della Scuola di Formazione Primaria, della Scuola di Specializzazione per la Formazione degli Insegnanti, dell'Università: Mario AMBEL, Maria ARCA, Paola BERNARDINI MOSCONI, Antonio d'ITOLLO, Elio GIAMELLO, Anna MARRA BARONE, Alessandro MILITRINO, Camillo VELLANO

Esperienze qualificate:

Anna PERAZZONE, Marco TONON - *Università di Torino*

Elena GIACOBINO, *Museo Regionale di Scienze Naturali*

- Dibattito

Lavori delle sezioni ANISN sui temi della giornata

Coordina: Silvio TOSETTO - *ANISN Piemonte*

# L'evoluzione: dalla ricerca all'insegnamento

Palazzo delle Muse Viareggio

Lunedì	MATTINO	POMERIGGIO	SERA
	Saluti autorità <b>Marcello Buiatti</b> Univ. Firenze <i>L'attualità di Darwin</i> <b>Angela Bandinelli</b> Ist. E Museo di St. della Scienza Fi <i>Concetto di evoluzione fra Sette e Ottocento</i>	spettacolo in programma presso la Cittadella del Carnevale	Passaggiata
Martedì	<b>Vincenzo Caputo</b> Università Politecnica delle Marche <i>Il ruolo attuale dell'anatomia comparata</i> <b>Albert Vignali</b> Istituto di biologia cellulare e dello sviluppo CNR Pisa <i>L'evoluzione vista attraverso lo sviluppo</i>	A cura di <b>Brunella Danesi</b> <i>L'influenza del messaggio darwiniano in alcuni scrittori.</i>	festival pucciniano
Mercoledì	<b>Olga Rickards</b> Università La Sapienza di Roma <i>Evoluzione umana</i> <b>Maria Carmela Intrieri</b> IST. Genetica Di Firenze <i>Evoluzione attraverso lo studio del genoma</i> <b>Yuri Bozzi</b> CNR Pisa <i>Darwinismo neuronale</i>	musei civici di palazzo Paolina	passaggiata
Giovedì	Visita per l'intera giornata parco Alpi Apuane Antro del Corchia		Cena sociale
Venerdì	<b>Alessandro Cellerino</b> CNR Pisa <i>L'evoluzione della sessualità</i> <b>Tomaso di Fraia</b> Univ di Pisa <i>Evoluzione dell'uomo e delle lingue</i> A cura di <b>Fabio Fantini</b> <i>Discussione finale sulla didattica dell'evoluzione</i>	<b>Lodovico Galleni</b> Univ. di Pisa <i>L'evoluzione tra scienza e religione</i>	Passaggiata

*Il programma è provvisorio.*

*Per informazioni e prenotazioni rivolgersi a Enrico Pappalettere (e.pappalettere@anisn.it)*

# NATURALMENTE

bollettino di informazione degli insegnanti di Scienze Naturali

anno 17 • numero 3 • settembre 2004

trimestrale

- Scienza, storia delle scienze, storia delle idee  
**Intervista a Marcello Buiatti**  
Brunella Danesi, Maria Bellucci
- Educazione ad un futuro sostenibile. Un programma di lavoro per insegnanti e ricercatori  
Silvia Caravita  
**La candela**  
Elio Fabri  
**Gazebo**  
Fabrizia Gianni
- Programmi spaziali. L'uso dello spazio**  
Stefania Consigliere
- Insegnare l'evoluzione & la natura della scienza**  
Paul Farber  
**Le tossine**  
Carla Cardano
- Quello che i libri non spiegano**  
**L'equazione di velocità per le reazioni chimiche**  
Carlo Bauer, Paolo Toti,  
Ahmed M. Osman, Valerio Pelaia
- Memoria e storia di un esploratore crepuscolare: Gaetano Osculati**  
Luciano Luciani  
**L'isola misteriosa**  
Tiziano Gorini  
**Il verziere di Melusina Il bambù**  
Laura Sbrana  
**Recensioni**  
**Lettere**  
**Ambivalenza della Scienza nel dibattito religione-ateismo**  
Carlo Bauer  
**Un lungo ragionamento. Per Giampaolo Magagnini**  
Enrico Pappalettere  
**Primo giorno di scuola**  
Vincenzo Terreni  
**Lectio brevis Amarcord**  
**Premio nazionale "Mario Rippa"**  
Bando 2004 e vincitori edizione 2003



# Scienza, storia delle scienze, storia delle idee

## Intervista a Marcello Buiatti

BRUNELLA DANESI, MARIA BELLUCCI

*Professor Buiatti, Lei è Ordinario di Genetica del Dipartimento di Biologia animale e di Genetica presso l'Università di Firenze; svolge inoltre attività didattica come docente di Genetica nel corso di laurea in Scienze biologiche, di Genetica evolutivista per Scienze Naturali, di Bioinformatica per Biotecnologie. Com'è nato l'interesse per la biologia ed in particolare per la genetica? L'interesse è nato quando avevo dodici anni. Per una serie di circostanze fortunate mio padre era ottimo amico di un grande genetista di popolazioni, Michael I. Lerner (1) lo scopritore della omeostasi genetica nel 1954. Fu Lerner che mi dette il primo libro di Genetica moderna mai tradotto in Italia, il Kalmus (2), che io lessi con grande interesse anche per l'affetto che mi legava a Mike. Ero uno di quei ragazzini infernali che portano a casa continuamente animali di ogni genere, dalle larve di zanzara ai gattini dispersi, ai tritoni, per cui il libro trovò un terreno molto fertile. Da allora fortissimamente volli la Genetica che poi ha segnato tutta la mia vita.*

*Nel libro Lo stato vivente della materia Lei dice di sentirsi impegnato in un rapporto colloquiale ed affettivo con tutti i viventi, batteri compresi. Com'è maturato il Suo atteggiamento? Ci sono state persone, oppure letture, o esperienze, o specifiche concezioni della natura che hanno favorito una strategia di attenzione, di sensibilità e di rispetto verso il mondo organico? Credo che una delle ragioni fondamentali sia stata che i miei nonni erano contadini friulani e nel loro podere ho passato alcuni dei primi anni della mia vita. Poi senz'altro mio padre, primo laureato della famiglia (in Agraria e in Veterinaria) che mi ha trasmesso completamente il suo affetto per i viventi e per la vita. Affetto che forse è stato anche aumentato dal fatto che da bambino sono sopravvissuto all'olocausto e ne sono stato sempre molto contento.*

*I Suoi studi, che richiedono l'utilizzazione di metodi molecolari e modellizzazioni matematiche, sono stati innovativi e hanno aperto nuovi ambiti di ricerca. Qual era il contesto degli studi di biologia e di genetica durante i primi anni della Sua carriera accademica? Ricorda qualche collega in particolare, da cui ha ricevuto consigli e incoraggiamento?*

Certo. Io ho avuto la fortuna, dopo la mia laurea in Agraria a Pisa, di frequentare per due anni, specializzandomi in Genetica, L'Istituto di Genetica di Pavia, uno dei tre centri che hanno fondato la Genetica

moderna in Italia (gli altri due erano a Roma e Milano). L'Istituto, a cui mi aveva indirizzato Mike Lerner, era diretto dal Prof. Adriano Buzzati Traverso (3), indimenticabile maestro di Genetica ma anche in genere di cultura, coadiuvato da Luigi Luca Cavalli Sforza (4), Giovanni Magni (5), Renzo Scossiroli, allora suoi assistenti. L'esperienza è stata veramente meravigliosa. Ho conosciuto come insegnanti del corso persone come Motoo Kimura (6), il fondatore della teoria neutralista della evoluzione, Ochoa (7) il decifratore del codice genetico, C. C. Li (8) uno dei più grandi genetisti matematici, Francois Jacob (9) e tanti altri. L'entusiasmo era enorme perché stavamo tutti fondando una scienza che poi è diventata chiave in campo non soltanto biologico e stavamo allora scoprendo le sue basi, ma anche perché l'atmosfera era tale che discutevamo di tutto spesso fino all'alba. Per tutto intendo anche le implicazioni nella società della nostra ricerca come ad esempio quando ci arrivò un grosso volume del prof. Gedda della Cattolica, pesantemente razzista, tanto da contenere un vero e proprio colorimetro per "misurare" il grado di "negritudine" di ognuno in base alla intensità del colore della propria pelle. Era d'estate, molti di noi ragazzi (avevo allora 22 anni) erano abbronzati e risultavano quindi chiaramente di sangue misto. Naturalmente ci muovemmo per quel poco che allora si poteva per contrastare quella visione, a dir poco idiota, del mondo umano. Dei più giovani di allora voglio menzionare i miei amici Ferruccio Ritossa (10), Arturo Falaschi (11), Carlo Lorenzoni (12), Guido Modiano (13) ed altri, fra cui Mario Polsinelli (14) che ha poi iniziato la Genetica fiorentina e mi ha chiamato nell'Ateneo in cui lavoro. Dopo Pavia, ho girato molto per il mondo, prima di approdare a Pisa dove mi ha chiamato Francesco D'Amato (15), fondatore, anche lui, insieme ad Angelo Bianchi (16) a Milano della Genetica vegetale. A lui devo gran parte della mia formazione in quel campo per la quale ho fruito della sua enorme cultura.

*Da più di mezzo secolo, ormai, da più parti è stata segnalata la continua erosione della biodiversità nel pianeta. Come studioso e come membro di Commissioni nazionali (Ministero Politiche Agricole) e internazionali (Fondazione per la Biodiversità, Commissione per il cibo), può fornire dei dati? Ritiene che sia possibile intervenire? Si possono limitare i danni? In che modo?*

Il dato più chiaro che abbiamo è che la velocità con cui sta avvenendo la estinzione attuale è di circa cento volte maggiore di quella della estinzione media dell'ultimo miliardo e mezzo di anni e coinvolge, a differenza delle altre cinque maggiori, anche moltissime specie vegetali. E le specie vegetali, come è noto, sono la vera condizione essenziale per il mantenimento della vita in questo Pianeta, in quanto svolgono funzioni non solo di cibo ma anche di regolazione del clima assolutamente fondamentali. Per intervenire seriamente su questo fenomeno catastrofico bisogna assolutamente modificare radicalmente il nostro modello di sviluppo riducendo la pesantezza ed estensione della occupazione del pianeta con i nostri manufatti, riducendo il consumo di energia e quindi le emissioni di gas serra, salvaguardando la risorsa acqua ecc. secondo i criteri, mai rispettati, stabiliti nella Conferenza di Rio de Janeiro nel 1992. Intanto, bisogna almeno ridurre la distruzione capillare degli ecosistemi che operiamo frammentandoli, bruciandoli, tagliando le foreste (ogni albero è di fatto un ricco ecosistema) ecc. Soprattutto bisogna battere la ideologia prevalente attuale che tende ad omogeneizzare tutto il Pianeta applicando il modello industriale di sviluppo che prevede la sostituzione della natura con i nostri manufatti, tutti uguali in tutti gli ambienti della Terra. Bisogna cercare di far capire che in natura non sopravvive il "migliore" ma chi è più plastico, più capace di cambiare, più "multiverso".

*Gli argomenti che Lei affronta nei Suoi studi sono affascinanti e complessi e presentano alcune ricadute in campo etico. La bioetica affronta questioni la cui regolamentazione dovrebbe poter ricevere un ampio consenso. Secondo Lei, esistono dei valori sui quali potrebbero convenire sia i credenti di varie confessioni sia gli agnostici? (I documenti elaborati del gruppo di lavoro presso la Chiesa evangelica valdese potrebbero costituire una possibile base di dialogo?).*

Il campo della bioetica è immenso anche perché per me coinvolge anche i problemi di etica sociale, visto che anche noi esseri umani, siamo viventi. Su molte cose non vedo veramente distinzioni sostanziali fra laici e credenti. Non ne vedo ad esempio nel campo della etica ambientale né in quello più specifico della conservazione della biodiversità. Devo anzi dire che per quanto riguarda questi temi molto spesso la sensibilità è maggiore fra i credenti che fra i laici perché alcuni di questi ultimi sono, ahimè, imbevuti di una ideologia che chiamerei neo positivista, per cui qualsiasi cosa che noi sappiamo fare deve comunque essere fatta a prescindere dagli effetti sui viventi non umani. C'è persino chi, pur essendo laico, sostiene che gli ambientalisti siano anticristiani perché contravvengono ai comandamenti di Nostro signore che, secondo loro avrebbe dato "in possesso" agli esseri umani la vita del Pianeta. Così è stato scritto da eminenti scienziati in un noto

"Manifesto" che per fortuna ha avuto una accoglienza piuttosto fredda. Diverso è il ragionamento quando si parla di etica delle azioni dell'uomo sull'uomo (o per la verità soprattutto sulla donna), in particolare per quanto riguarda sesso e procreazione. Su questo parleremo poi ma vorrei aggiungere che, se la situazione non è facile quando si ragiona a livello individuale, torna ad esserlo se nella bioetica entrano anche i comportamenti sociali collettivi. Anche qui la distinzione fra laici e credenti è veramente fittizia. Basta pensare alle posizioni sulle guerre, sulla povertà e la fame, sui rapporti fra Sud e Nord del Mondo, sugli stessi rapporti fra datori di lavoro e lavoratori nel nostro Mondo, in cui le distinzioni e le aggregazioni hanno poco o niente a che fare con la scelta individuale in merito di religione.

*Parliamo di ingegneria genetica, un settore di ricerca che, modificando il tradizionale rapporto con la vita, genera in molte persone forme di timore e di rigetto, tali per cui preferiscono volgersi ad un passato consolante e consolatorio e non si soffermano a considerare le opportunità, da affrontare con coraggio e responsabilità, che si dischiudono con l'introduzione di nuove tecniche. In un contesto di questo tipo può accadere che qualcuno porti a compimento la clonazione umana col proposito di rendere la vita perfettamente prevedibile -e in tal senso si intravede una deriva totalitaria per l'umanità-; ma può anche accadere che in alcuni paesi venga decisa la proibizione assoluta dell'utilizzo degli embrioni soprannumerari per la ricerca sulle cellule staminali embrionali. Che cosa suggerisce in merito a questi problemi?*

Intanto starei attento a non confondere in alcun modo le tecniche di procreazione con l'ingegneria genetica. Nel primo caso il corredo genetico degli organismi generalmente non si vuole modificare ma riprodurre. Nel secondo, di cui magari converrà parlare in seguito, si vuole invece introdurre nel genoma di un organismo, un gene nuovo ( non un allele, come avverrebbe per incrocio fra individui interfertili) e quindi una nuova proteina ( funzione). Per quanto riguarda la procreazione, io proporrei di usare il parametro del rapporto costi/benefici come metro di giudizio, con un approccio che potrebbe essere chiamato di utilitarismo bioetico. Nel caso della clonazione, non solo umana ma anche degli animali, i benefici sono per ora del tutto inesistenti perché nessuno degli organismi clonati è sano, secondo una indagine condotta da Wilmuth, la persona che ha clonato Dolly e quindi non può essere tacciato di parzialità antiscientifica. Questo significa che un essere umano clonato non starà bene e che un animale domestico non sarà produttivo come sperato. Le ragioni del fallimento stanno nel fatto che le cellule adulte di un animale hanno, come è noto da tempo, corredi genetici alterati o bloccati con meccanismi spesso irreversibili. Questo ragionamento non vale per la clonazione da embrioni ai primissimi stadi di svilup-



po ma in questo caso, mentre i costi per la salute sono bassi, spariscono i benefici. Nel caso degli esseri umani nessuno potrà auto-clonarsi e quindi, secondo Clonaid (17) l'impresa internazionale di clonazione, non diventerà immortale. Nel caso degli animali i livelli produttivi dei gemelli plurimi derivati dal clonaggio non saranno prevedibili più di quanto non lo siano per i fratelli pieni in quanto, ad esempio, gli embrioni non fanno ancora il latte la cui quantità ovviamente non può essere misurata. Pollice verso qui, non per la ricerca naturalmente ma per la produzione sì. Dal punto di vista etico, per l'uomo, inoltre pavento molto il rafforzamento della idea di omogeneità ed anche la convinzione, che sta dietro alla retorica del clonaggio, che il carattere e, in genere l'umanità degli esseri umani siano determinati completamente dai loro geni. Questa convinzione, inevitabilmente porta alle pratiche di eugenetica, con le odiose conseguenze che tutti noi conosciamo.

Per quanto riguarda le cellule staminali, l'uso delle embrionali ha i suoi pro e i suoi contro. A favore gioca il fatto che le cellule embrionali sono più totipotenti delle altre staminali presenti praticamente in tutti i tessuti. Contro c'è la possibilità che proprio la plasticità delle embrionali possa impedirne una completa differenziazione e portare a proliferazione incontrollata. Per le altre staminali i problemi sono opposti. La risposta ad ambedue verrà senza dubbio dalla sperimentazione, legge permettendo.

*Professor Buiatti, Lei è membro di alcuni comitati orientati alla comprensione dei vantaggi e dei rischi connessi con l'introduzione delle biotecnologie in agricoltura. Quali sono le prospettive per ottenere un successo in campo agricolo? Con l'introduzione di queste tecniche non si riuscirebbe a limitare l'incidenza delle carestie ed anche della fame nel mondo?*

Rispondo per ordine. Al momento attuale questo ramo delle biotecnologie è fallimentare dal punto di vista tecnico e produttivo. Se si guarda agli OGM in commercio nessun animale geneticamente modificato per uso alimentare è sul mercato e, nel caso delle piante si è stati capaci, in oltre venti anni di sperimentazione intensissima, di introdurre con risultati plausibili solo due nuovi caratteri (resistenza ad insetti e a diserbanti) in pochissime specie (mais, soia, colza) e in poche varietà. Gli OGM sono coltivati estesamente solo negli USA, Canada, Argentina, Brasile e Cina e solo in condizioni particolari di agricoltura (aziende enormi, costi bassi di mano d'opera o alto *know how* e fortissime sovvenzioni statali alla produzione o esportazione). Il fallimento deriva dal fatto che la tecnologia usata è ancora molto rozza e basata sulla scienza biologica di quindici anni fa. Gli innumerevoli tentativi fatti ma rimasti nei laboratori, che vengono continuamente propagandati dai mezzi di comunicazione di massa, hanno portato alla produzione di piante sofferenti per

cambiamenti non previsti nell'equilibrio metabolico e quindi non produttive. La via di uscita è lenta ma semplice: bisogna andare molto avanti nella applicazione delle scoperte che sono state fatte sulla organizzazione dinamica degli organismi per poter lavorare in modo molto più fine e modulato di quanto sia stato possibile fino ad ora. Per quanto riguarda la seconda domanda, i prodotti attuali non vanno per niente bene nelle agricolture veramente povere perché le varietà non sono quelle adatte, perché richiedono molta chimica e costosa, perché mais e soia non sono colture elettive di quei Paesi. Dire che risolveranno la fame del Mondo è una colpevole menzogna che viene detta solo per ragioni di penetrazione in mercati altrimenti refrattari. Nel futuro credo che sarebbe giusto dire che queste tecnologie, quando saranno raffinate, potranno contribuire come altre precedenti a migliorare alcune produzioni a patto che i prodotti siano sviluppati localmente e siano quindi utili per le diverse agricolture e le legislazioni brevettuali siano riviste in modo che il *know how* sia fruibile anche da chi lavora nel Sud del Mondo. Di nuovo, anche in questo caso, più ricerca, più alla portata di mano di chi non ha soldi, meno affermazioni roboanti su un problema che comunque potrà essere risolto solo con un cambiamento dei rapporti di forza economici nel Mondo.

*Da tempo Lei insiste sulla opportunità di un approccio olistico ai viventi e nel libro sopraccitato, Lo stato vivente della materia, insiste sul ritorno all'unificazione di discipline che colloquiano ancora poco tra loro. Ritiene che sia operativamente possibile?* Dire a questo punto che non solo è possibile ma che sta avvenendo in molti Paesi del Mondo. Non sta avvenendo in Italia, per la disastrosa tendenza monodisciplinare del nostro paese causata in gran parte dalla separazione delle carriere in gruppi concorsuali, e dallo stato di agonia in cui versa tutto il nostro sistema di formazione e ricerca, vecchio, senza fondi, con un settore privato inesistente, continuamente colpito da leggi e decreti che ormai sembrano puntare direttamente alla distruzione anche del poco che ancora resiste.

*Nel quadro epistemologico di riferimento, il meccanicismo si configura ancora come modello forte della scienza? Nelle Sue ricerche Le capita di pensare più all'universo-macchina di Cartesio o al bricolage di Jacob?*

Anche qui direi che tutti i dati recenti indicano come la ipotesi meccanica sia ormai appoggiata solo per ragioni ideologiche e che le cose sono andate anche un bel po' avanti a quello che diceva Jacob anche se il bricolage avviene per davvero e il metodo (non la ideologia) riduzionista continua ad essere quello principe di indagine. Il metodo infatti semplifica il lavoro in quanto studia singolarmente un sistema invece di lavorare sul

globale. L'uso ideologico deriva dalla convinzione che le leggi del tutto si possano interamente desumere da quelle trovate per i componenti, cosa che non è vera. L'ideologia aderisce a questa concezione per affermare una visione meccanica di tutta la vita che a più ha che fare con i miti di omogeneizzazione e produzione fine a se stessa che sono dominanti nel nostro mondo che con la scienza vera.

*Da tempo, Lei ha denunciato i tagli portati alla ricerca di base nel nostro paese e, più in generale, in tutto il mondo occidentale. D'altra parte, la crisi delle vocazioni per gli studi scientifici confermerebbe questo dato. La sola ricerca applicata a lungo termine paga?*

Nel campo in cui opero io quella che paga è proprio la ricerca di base. Per fare un esempio, il sequenziamento dei genomi interi ha portato immensamente più benefici derivati di natura economica che non le poche e misere applicazioni che sono derivate dalla scienza di base precedente. I Paesi che sono veramente competitivi attraverso l'innovazione hanno fortissimi investimenti nella ricerca di base da parte pubblica e ancora più forti nel privato che si dedica alla applicazione come la si intende in Italia solo per la parte terminale dei progetti di sviluppo. Certo, se si vuole competere solo per i costi di mano d'opera, non servono né la ricerca di base né quella applicata, basta vendere bene ed esportare le produzioni dove il lavoro costa meno. Con le ovvie conseguenze di declino di un Paese come il nostro.

*Quale futuro intravede per l'uomo e per le società umane dalle frontiere avanzate della Sua disciplina?*

Domanda questa veramente difficile. Certo, comunque vadano le cose ci saranno miglioramenti in campo medico, ma non sarà davvero dalla scienza che verrà fuori un nuovo tipo di uomo né che avremo cambiamenti nei rapporti sociali, nelle libertà, nel livello di benessere reale degli esseri umani. Gran parte di questo viene non dalla tecnica ma dal progresso delle società. Per quanto vedo, il futuro mi appare molto a tinte fosche, tendente sempre di più alla virtualizzazione dei bisogni e delle risposte ad essi, alla omogeneizzazione di un modello sempre più disumano di vita, alla distruzione dell'immenso patrimonio di diversità umana e non che abbiamo, al consumo delle risorse ambientali e quindi alle guerre. A tutto questo la scienza e la tecnica offrono mezzi, ma i fini non sono certo determinati da chi fa ricerca e prova a pensare innovazioni concettuali o applicate. Per cui, se il mondo umano punta a prodotti che migliorano la qualità della vita tutta di questo pianeta, la scienza troverà strumenti migliori, se punta alla sua distruzione la stessa scienza ne produrrà di efficienti per accelerarle. Da questo punto di vista chi fa scienza può solo combattere come ogni altro citta-

dino e, questo sì, cercare di mettere in guardia da eventuali pericoli che va scoprendo. Sapendo bene però che le orecchie si chiudono rapidamente se non vogliono essere aperte.

Intervista e note curate da

*Brunella Danesi e Maria Bellucci*

#### Note

(1) Michael I. Lerner (1910-1977) emigrò nella Columbia Britannica, a Vancouver a soli diciassette anni dalla Manchuria e qui si mantenne agli studi lavorando come inserviente presso l'allevamento di polli da esperimento della locale Università, lavoro che segnò la sua futura vita di ricercatore; si laureò infatti in genetica e la sua attività di ricerca fu prevalentemente rivolta allo studio del miglioramento genetico degli animali da cortile, in special modo i polli; le sue ricerche evidenziarono come i rendimenti maggiori si potevano ottenere mantenendo un alto livello di eterozigosi, mentre l'inincrocio portava a perdite di produttività e dava origine a malformazioni ereditarie. Ebbe rapporti di fraterna amicizia e collaborazione con Theodosius Dobzhansky. Nel 1954 propose una ipotesi brillante e provocatoria (l'omeostasi genetica) sulla tendenza di popolazioni naturali a raggiungere un punto di equilibrio genetico e resistere così ai cambiamenti ambientali; i suoi studi sui meccanismi evolutivi fornirono contributi importanti alla formulazione del "principio del fondatore".

(2) H. Kalmus *Genetics* Penguin Books, 1950

(3) Adriano Buzzati Traverso (1913-1983), fratello dello scrittore Dino Buzzati, è stato uno dei protagonisti della genetica sperimentale del Novecento. Nel 1934, avviò negli Stati Uniti studi pionieristici di genetica di popolazione; nel 1937 iniziò a lavorare nella facoltà di Zoologia di Pavia e i suoi studi fornirono contributi fondamentali alla dimostrazione della fisicità dei geni; è stato una delle personalità scientifiche più rilevanti del Novecento. Nel 1948, sempre a Pavia, fu uno dei primi professori di genetica in Italia. Studioso dei meccanismi evolutivi, si dedicò anche alla riflessione epistemologica legata ai problemi sollevati dalla nascente biologia molecolare. Trasferitosi a Parigi, divenne direttore scientifico presso l'Unesco per il programma di ricerca "L'uomo e la biosfera".

(4) Luigi Luca Cavalli Sforza (Genova 1922): laureatosi a Pavia nel 1944, collaborò intensamente con Buzzati Traverso; dopo un periodo trascorso tra l'Istituto Sieroterapico di Milano e l'Inghilterra, iniziò a studiare la genetica di popolazioni umane; nel 1952 avviò un'analisi statistica di dati demografici, partendo dalle dispense ecclesiastiche per i matrimoni tra consanguinei. Nel 1971 si trasferì negli Usa a Stanford, dove estese la ricerca sull'uomo alla questione della diffusione culturale nel neolitico, usando i dati della genetica per sopperire alla scarsità di prove archeologiche. Negli anni Ottanta e Novanta ha coniugato anche genetica e linguistica, considerando gli elementi del linguaggio soggetti a molte delle stesse influenze cui sono soggetti i geni. Fra le sue pubblicazioni ricordiamo *The History and Geography of Human Genes* (1993, con Alberto Piazza e Paolo Menozzi), e *Geni, Popoli e Lingue* (1996).

(5) Giovanni Magni (1936-2003): ricoprì la cattedra di genetica presso l'università di Parma a partire dal 1962, per poi trasferirsi a Milano nel 1969. Molti dei suoi studi sono stati condotti sulla genetica del lievito.

(6) Motoo Kimura (1924-1994) il genetista è soprattutto famoso per il saggio *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge 1983, in cui l'autore sostiene che "la causa principale del mutamento evolutivo a livello molecolare è la fissazione casuale di mutanti neutri o quasi neutri, piuttosto che la selezione positiva darwiniana.

(7) Severo Ochoa (1905-1970): al biochimico spagnolo fu conferito il premio Nobel per la medicina nel 1959 per le sue scoperte sui meccanismi coinvolti nella sintesi dell'RNA.

(8) Li Ching Chun (1912): lo scienziato cinese è meglio conosciuto dai colleghi occidentali con l'appellativo di C. C. Li. Esperto di genetica di popolazione, genetica matematica e genetica umana, si trasferì nel 1951 negli Stati Uniti. Fra le sue opere si ricordano: *An Introduction to Population Genetics* (1948), *Population Genetics* (1955), *Human Genetics, Principles and Methods* (1961), *Statistical Inference*, Vol. I (1964), *Path Analysis: a Primer* (1975), *First Course in Population Genetics* (1976).

(9) François Jacob (1920-) insieme a Jacques Monod (1910-1976) e a André Lwoff (1902-1994) è stato insignito del premio Nobel nel 1965. E' molto noto anche in Italia per numerosi saggi divulgativi e per il libro sulla storia della biologia *La logica del vivente*.

(10) Ferruccio Ritossa, genetista, biologo molecolare e artista, nel 1962 al LIGB di Napoli, descrisse l'effetto degli shock di temperatura sull'attività del DNA.

(11) Arturo Falaschi è presidente del Centro Internazionale di ingegneria genetica e biotecnologia, che ha sedi a Trieste e a Nuova Delhi; è inoltre membro del Consiglio direttivo del CNR e ha di recente allestito una Unità di biosicurezza, raccogliendo in un grande banca-dati quasi tutta la letteratura scientifica (e non) prodotta sulla sicurezza delle moderne biotecnologie.

(12) Carlo Lorenzoni è docente di Genetica agraria alla Università Cattolica di Piacenza e si occupa dell'applicazione delle biotecnologie in agricoltura.

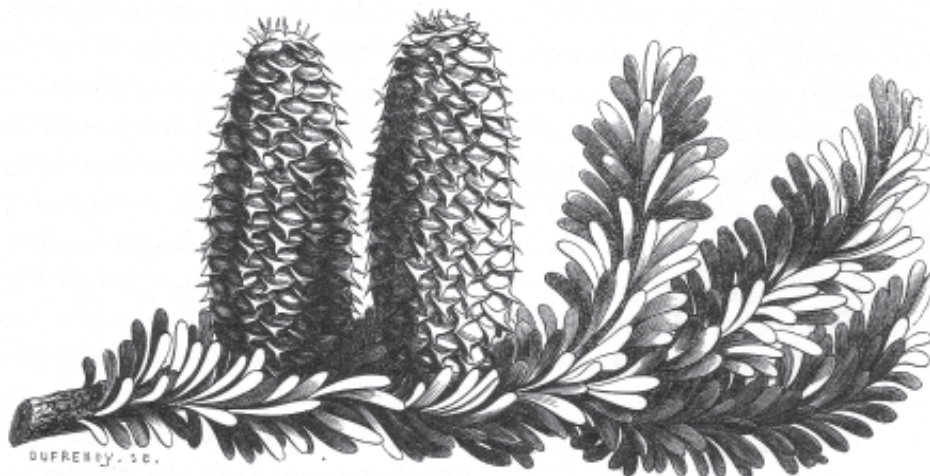
(13) Guido Modiano insegna presso la facoltà di Biologia evolutiva ed ecologia dell'Università Tor Vergata di Roma e si occupa di genetica generale ed umana.

(14) Mario Polsinelli, è stato fra i soci fondatori della Società Italiana di Microbiologia Generale e Biotecnologie Microbiche (SIMGBM); fa parte del Dipartimento di Biologia Animale e Genetica presso l'Università di Firenze.

(15) Francesco D'Amato (1916-1998), assistente di Botanica con il professor Alberto Chiarugi a Pisa, nel 1947 fondò la rivista *CARYOLOGIA* e si applicò, insieme al gruppo pisano di citologia, embriologia, citogenetica vegetale. A partire dal 1959 ricoprì la cattedra di Genetica presso la Facoltà di Agraria dell'Università di Pisa e con un contributo del CNR, intraprese studi degli effetti biologici e genetici di agenti mutageni. Nel saggio *Nuclear Cytology in relation to Development* (1977) espose i risultati sperimentali sull'azione di sostanze citossiche o mutacromosomiche, del ciclo nucleare e delle sue funzioni nelle piante.

(16) Angelo Bianchi (1924) laureatosi a Pavia in Scienze Naturali e Biologia, è presidente dell'Istituto per il Miglioramento Genetico delle Piante Forestali; ha lavorato presso diverse università italiane (Pavia, Piacenza, Milano). E attualmente all'Istituto Sperimentale Cerealicoltura, Rome Genetics and Breeding and Maydica.

(17) La Clonaid è stata fondata da Raël, leader spirituale del movimento Raeliano, che si prefigge lo scopo di procedere alla clonazione umana. Per i Raeliani la clonazione è il modo con cui secondo le rivelazioni di Rael sono stati "creati" (in realtà, piuttosto "fabbricati" in laboratorio) gli esseri umani dagli extraterrestri. Questi ultimi a loro volta sarebbero stati un giorno clonati sulla base di altri extraterrestri e così via. Dunque, clonando, gli uomini non fanno altro che ripetere l'esperimento extraterrestre di cui sarebbero il prodotto. Beninteso, la vera clonazione consisterebbe nel riprodurre l'uomo adulto nello stesso stato in cui si trova -anzi in uno stato migliore, libero dalle malattie e dalla vecchiaia-, non quella (che secondo Rael è solo il primo passo) che dall'uomo adulto trae un bambino. Secondo il suo presidente, già numerosi bambini sarebbero nati grazie a questa tecnica, proibita nella maggior parte del mondo.



Sapin des Vosges.

## Marcello Buiatti

(Pisa, 1937) Si è laureato presso l'Università di Pisa in Agraria perfezionandosi poi a Pavia in Genetica, disciplina che insegna da tempo presso il Corso di Laurea in Scienze Biologiche dell'Università di Firenze e che rappresenta la sua principale attività di ricerca.

Ricopre numerosi incarichi accademici e scientifici: Vicedirettore del Dipartimento di Biologia animale e Genetica, Vicepresidente dell'Istituto per gli Studi Avanzati Galileo Galilei, Direttore dell'Unità Locale di Firenze del Consorzio Interuniversitario di Biologia Molecolare delle Piante; Presidente del Centro Interdipartimentale di Biotecnologie Agrarie, Chimiche e Industriali, Coordinatore scientifico delle Biotecnologie presso il MIUR, Coordinatore generale del Progetto U.E. Functional molecular markers Biotechnology, Membro del Comitato di Gestione del Programma Nazionale di Biotecnologie Vegetali, Membro del Comitato scientifico degli Istituti del CNR Miglioramento Genetico delle Piante Forestali (Firenze) e dell'Istituto di Miglioramento Genetico (Napoli), Membro del Comitato Scientifico dell'Agenzia Nazionale di Protezione Ambientale, Presidente Nazionale dell'Associazione Ambiente e Lavoro; Esperto del Comitato Economico e Sociale dell'Unione Europea sugli Organismi Geneticamente Modificati, Membro della Commissione Biodiversità e Bioetica del Ministero dell'Ambiente, Membro della Commissione Risorse Genetiche del Ministero per le politiche Agricole. Nella sua attività di ricerca si avvale di metodi molecolari per l'analisi della variabilità genetica, lo studio dell'evoluzione di animali e piante, l'identificazione delle interazioni che si stabiliscono fra piante e loro patogeni; inoltre, nei suoi studi applica la modellistica matematica all'analisi dei processi di sviluppo in animali e nei batteri. Molto attento alla corretta divulgazione del pensiero scientifico, è intervenuto più volte nei mass media in Italia e all'estero per affrontare temi riguardanti le prospettive aperte dalle applicazioni della moderna biologia e argomenti inerenti la Biologia Teorica; ha partecipato in qualità di relatore a corsi di aggiornamento per insegnanti promossi dall'ANISN e ha tenuto conferenze e dibattiti con gli studenti di numerose scuole, esponendo temi complessi in modo chiaro e completo e riuscendo a stabilire un particolare *feeling* con l'auditorio giovanile. (Nel sito dell'enciclopedia multimediale delle scienze filosofiche di Rai educational, all'indirizzo <http://www.emsf.rai.it/grillo/trasmissioni.asp?d=698> è presente un intervento di Buiatti tenuto con gli studenti del Liceo Scientifico "Elio Vittorini" di Milano sul tema etica ed ambiente).

## Scienza e paradigmi sociali

NATURALMENTE, febbraio 1993

Il presente articolo, comparso sulla rivista NATURALMENTE nel 1993, si situa nel contesto di un dibattito sulla natura della scienza e sullo statuto epistemologico delle verità scientifiche che si era aperto negli anni '70 ed era continuato con vivacità nel decennio successivo. Sullo sfondo si colgono infatti alcuni traccati di quelle discussioni: la rivisitazione del materialismo storico consegnata ad un testo come *L'ape e l'architetto*, le riserve nei confronti del neo-positivismo, l'affermarsi del razionalismo critico di Popper, la progressiva ascesa dell'*olismo* epistemologico, infine le prospettive della "nuova filosofia della scienza", in ordine alla quale i nomi più rilevanti restano quelli di Kuhn e di Feyerabend. Se è lecito precisare, queste posizioni di fatto avevano in comune le critiche - ma in più casi si trattava di una vera e propria messa sotto accusa - delle tesi del neo-positivismo, la corrente epistemologica che peraltro aveva accompagnato, agli inizi del Novecento, le svolte della teoria della relatività e della meccanica quantistica, nonché le discussioni sui fondamenti della logica e della matematica, e di cui ora si contestavano il verificazionismo, la distinzione tra giudizi analitici e sintetici, il riduzionismo, e, in particolare, l'individuazione degli enunciati protocollari, ossia delle proposizioni osservative considerate teoricamente neutre. Per quanto attiene al contenuto, l'articolo ripropone il tema della produzione sociale della scienza nell'ambito di una affermata circolarità dell'interazione scienza/società. Dopo una breve introduzione, nella quale vengono scartate sia l'immagine di una scienza "neutra" e "autopoietica" - attribuita all'epistemologia classica -, sia quella che considera la scienza come sovrastruttura meccanicamente dipendente dalle scelte socio-economiche dominanti, - e il riferimento non può che andare alle tesi esposte da Marx nell'*Ideologia tedesca* - l'autore dispone e sviluppa l'argomento lungo due movimenti: il primo, dalla società alle comunità scientifiche; il secondo, dalle comunità scientifiche alla società.

L'uso del termine *comunità scientifiche* rinvia subito alle tematiche svolte da Kuhn in *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, un libro che negli anni '70 ebbe in Italia un notevole successo editoriale. E' noto che, secondo Kuhn, il ruolo delle comunità scientifiche è rilevante, perché se nel periodo di "scienza normale" è con la loro approvazione che una scoperta o una teoria sono considerate valide, è pur sempre col supporto che esse danno alle "svolte" che il punto di crisi viene superato ed un nuovo paradigma scientifico si impone. E tuttavia Kuhn parla di *paradigmi epistemologici*, mentre l'autore, intrecciando questo lessico con quello marxiano, preferisce insistere sulla dinamica creata dai *paradigmi sociali*, a loro volta influenzati dall'organizzazione so-

cio-economica, che sposterebbero l'attenzione di chi osserva la natura *su angoli visuali e livelli di osservazione di volta in volta diversi*: le teorie nascerebbero dunque come universalizzazioni di dati necessariamente parziali, a smentita della "neutralità", ma anche della "oggettività" in senso forte delle proposizioni scientifiche. Lungo questa prospettiva l'assunto neo-positivista di proposizioni osservative "prive di teoria" è destinato a cadere, ma risulta immediatamente inficiato anche l'adagio popperiano secondo cui "si trova quello che si cerca", poiché si trova non ciò che si cerca in forza di un movimento autonomo della mente, ma ciò che si è indotto *da altri* a cercare. E' del resto *dall'esterno*, insiste l'autore, che partono gli impulsi che inducono l'osservatore ad adottare tra le coppie antinomiche continuo/discontinuo, determinismo/indeterminazione, riduzionismo/olismo -da sempre presenti nel pensiero umano-, quella, tra le due categorie, che lo guiderà nell'analisi e nello studio degli aspetti della realtà. E' ovvio che, a maggior ragione, queste conclusioni valgono per le comunità scientifiche: *Naturalmente, quando i fenomeni di spostamento del punto di osservazione, da individuali diventano collettivi, l'interazione fra ambiente umano e comunità scientifiche avviene non solo con la mediazione dei modelli culturali, ma anche attraverso l'indicazione indiretta (la moda) o diretta (i finanziamenti per ricerche specifiche) dell'oggetto dello studio, la strumentazione offerta fino a giungere all'imposizione ideologica dall'esterno.* Sono peraltro considerazioni di questo tipo, appunto, che inducono l'autore ad insistere sul condizionamento esercitato dal paradigma meccanicistico un paradigma che viene denotato come funzionale allo sviluppo della società industriale e che, affermatosi in fisica, si sarebbe imposto sulle diverse discipline, tra cui la biologia, frenando o distorcendo altri tipi di approccio.

Indubbiamente in questa lettura di Kuhn, sulla quale si adagiano tonalità marxiane e tentazioni ermeneutiche, risultano accentuati gli esiti anti-oggettivistici che pure sono presenti nella concezione dell'epistemologo americano.

Fin qui la prima parte dell'articolo. Cosa accade nella seconda parte? E' in grado la comunità scientifica di correggere il condizionamento nella ricerca? Nel percorso di ritorno verso la società viene senz'altro delineato un ruolo attivo della scienza, che, secondo l'autore, si declinerebbe lungo la seguente sequenza: il messaggio esterno è rielaborato dentro la comunità scientifica, si modifica in relazione agli strumenti e alle tecniche conoscitive, sostiene il controllo dei dati sperimentali e in questa forma rielaborata riemerge dalla comunità scientifica e diventa oggetto di ulteriore cambiamento da parte degli scienziati nel momento in cui si rivolgono ad altri, pubblico genericamente inteso, storici, filosofi, studiosi di scienza, divulgatori, politici: *La*

*versione dei dati e concetti scientifici che così prende forma e corpo nelle applicazioni entra a far parte del più vasto dibattito presente nella società e contribuisce a costruire le cose reali di questo mondo su cui incide sempre più la tecnologia.* Come si può notare, l'interesse non va tanto in direzione della scienza sotto il profilo teoretico, ma sotto quello applicativo e pratico.

Se è passiva in quanto trova quello che è indotta a cercare, la scienza sarebbe dunque attiva *perché il confronto con la realtà sperimentale e fra le diverse discipline può accelerare, innescando un processo culturale catastrofico, sia il rafforzamento che la caduta dei paradigmi complessivi di natura più sociale che scientifica.* L'autore peraltro ritiene che questo ruolo non vada enfatizzato, perché i dati della ricerca, uscendo al di fuori della comunità scientifica, non rimangono indenni da contaminazioni, nel senso che ... *i dati e le teorie della scienza vengono infatti in parte modificati, in parte selezionati in tutto il percorso che va dalle comunità scientifiche alle altre comunità intellettuali, alla esposizione e divulgazione nella scuola, fino alla diffusione, ormai rapidissima e massiccia, attraverso i media e alla traduzione, ove è possibile, in tecnologia.*

Non è un caso che l'articolo si concluda con l'auspicio che gli organi dell'informazione e dell'editoria siano in grado di assicurare al pubblico, sia specialistico che generico, una divulgazione scientifica corretta.

M. B.



Épurga.

### Attualità di Darwin

relazione tenuta al Corso di aggiornamento per insegnanti dell'Anisn a Viareggio, luglio 2004

I professori Marcello Buiatti e Pietro Omodeo, hanno aperto i lavori della scuola estiva per insegnanti di Scienze Naturali promossa dall'ANISN e tenutasi a Viareggio dal 26 al 31 luglio 2004.

L'intervento del professor Buiatti, dal titolo *Attualità di Darwin*, si è rivelato molto interessante e può tradursi in un utile strumento didattico per l'introduzione agli studi dei modelli evolutivi, perché in modo estremamente chiaro ed efficace, sono stati precisati alcuni concetti che generalmente non sono presenti nei manuali scolastici.

Il relatore è partito dal pensiero di Darwin, enucleando le "leggi" fondamentali da lui formulate: l'accrescimento con riproduzione, l'eredità implicita nella riproduzione, la variabilità degli organismi causata dall'azione diretta ed indiretta delle condizioni di vita e dell'uso e non uso degli organi, il ritmo di accrescimento tale da portare ad una lotta per l'esistenza e di conseguenza alla selezione.

Queste, in sintesi, le grandi intuizioni dello scienziato inglese che furono espresse prima della nascita della genetica, aprendo un immenso campo di ricerca sia sulle cause e le leggi che regolano la variazione, sia sull'azione diretta dell'ambiente e su altri argomenti ancora. Solo in epoca recente si è scoperto che la variabilità è regolata da norme di "sviluppo correlato": le diverse parti dell'organismo sono strettamente collegate fra loro, tanto che quando compaiono piccole variazioni, queste si possono accumulare nell'organismo per selezione naturale e possono generare modifiche anche in altre parti dell'individuo. Tutto questo non era contemplato dalla genetica classica sviluppata agli inizi del secolo scorso, che vedeva invece l'organismo come una sorta di contenitore di geni fra loro totalmente indipendenti; l'"utopia meccanicistica", da cui il mendelismo non fu esente, postulava che gli esseri viventi fossero completamente determinati dal loro DNA. In realtà il DNA è ambiguo e ciascun gene codifica per più di una proteina in quanto la sua trascrizione è in grado di originare diversi RNA e pertanto diverse proteine, grazie a segnali esterni, veicolati dalle proteine di membrana e in grado di raggiungere il materiale nucleare e in alcuni casi possono aumentare copie di una sequenza di DNA e questo carattere può diventare ereditabile. Il modello del nucleo come contenitore di "palline" geni è definitivamente tramontato, sostituito dal modello della rete, i cui nodi sono tutti fra loro interconnessi, come è stato confermato anche dalle recenti ricerche sui geni omeotici in *Drosophila*. Conrad Hal Waddington, insieme al matematico René Thom è stato il primo a proporre il

"Paradigma fenotipico" secondo cui l'organismo durante il suo ciclo vitale ha a disposizione un grande spettro di scelte possibili, è cioè in grado di cambiare rapidamente in funzione dei bisogni che si trova ad affrontare. Questa capacità di variare permette di mantenere intatta quella rete di relazioni, di conservare una elevata variabilità, pur mantenendo le caratteristiche fondamentali. Un tempo si parlava di omeostasi, termine sostituito da Conrad Hal Waddington con quello di omeorresi (restare gli stessi ma in un percorso dinamico di cambiamento). Per Waddington la vita di un organismo è un susseguirsi di scelte alternative inizialmente fra moltissimi percorsi possibili, che mano a mano si restringono a poche alternative, fino a terminare. Esistono analogie fra il processo di sviluppo di un singolo organismo e quello evolutivo: l'uovo fecondato è simile a una pallina in cima ad un monte da cui si dipartono molte vallate. I limiti del "paesaggio" (i diversi percorsi possibili) sono dati dagli strumenti di base che l'organismo o la specie posseggono ma all'interno vi sono molte diverse vallate scendendo lungo le quali ognuno può svolgere il proprio percorso che non è predeterminato ma dipende dagli eventi storici della vita. Le strategie esplorative su cui si basa la vita sono presenti

- a livello delle cellule, in cui esistono zone di DNA ipervariabile, meccanismi di ambiguità nell'informazione, ridondanza e vicarianza nelle reti metaboliche, variabilità di combinazione dei geni espressi;
- nelle popolazioni, grazie alla variabilità degli individui;
- negli ecosistemi, grazie alla diversità fra le specie;
- nella biosfera, che consiste nelle diverse relazioni fra i vari ecosistemi.

Attualmente gli studi sembrano confermare che l'evoluzione delle specie procede più grazie a modificazioni nell'espressione dei geni che non per mutazioni degli stessi. Le dinamiche evolutive sono state probabilmente molteplici; in alcuni casi può aver agito il gradualismo filetico, in altri meccanismi saltazionisti come quelli postulati da Gould ed Eldredge.

B. D.



### Publicazioni di Marcello Buiatti

- Chimica e biologia nel XX sec.* (in collaborazione con S. Califano e P. Dolara), Guaraldi, Firenze, 1978
- Le frontiere della genetica* 2a ed., Editori Riuniti, Roma, 1989
- Modelli matematici in biologia. L' analogia informatica del dogma centrale e le conoscenze attuali della biologia* in *L'informazione nelle scienze della vita* a cura di Barbara Continenza ed Elena Gagliasso, ed. Franco Angeli, Milano, 1998
- Modelli matematici in biologia* in P. Freguglia (a cura di), *Modelli matematici nelle scienze biologiche* Urbino, Quattroventi, pp. 67-83, 1998
- Il dialogo fra componenti dei sistemi viventi come fonte di novità e vincoli* in *Dalla biologia all'etica e viceversa* a cura di Marcello Cini, CUEN, 1998
- Il dialogo fra componenti dei sistemi viventi come fonte di novità e vincoli* in *Dalla biologia all'etica e viceversa* a cura di Marcello Cini, CUEN, Napoli, 1998
- Lo stato vivente della materia: le frontiere della nuova biologia* UTET, Torino, 2000
- Natura e cultura: materiali per una nuova educazione ambientale* (in collaborazione con Stefano Beccastrini), La Nuova Italia, Firenze, 2001
- Introduzione a Elena Gagliasso Verso un'epistemologia del mondo vivente* Guerini, Milano, 2001
- Uomo ed ambiente, un rapporto problematico*, nell'ipertesto *Progetto ambiente* del MIUR, contributo ANISN, 2003
- Il benevolo disordine della vita, la diversità dei viventi fra scienza e società* UTET, Torino, 2004

### Si segnalano inoltre i seguenti articoli e interventi:

- Biologia e materialismo dialettico. Ancora su Monod* in CRITICA MARXISTA, 1972
- Diversità genetica e uguaglianza umana* relazione al convegno *L'uomo oggi fra natura e storia*, organizzato dall'Istituto Gramsci, Roma, febbraio 1978
- L'ecologia umana* in *Per un ripensamento critico del rapporto uomo ambiente* Atti del corso di aggiornamento ANISN 1995-1996
- Attualità di Darwin* relazione tenuta al Corso di aggiornamento per insegnanti promosso dall'Anisn a Viareggio, luglio 2004
- P. Bogani, A. Simoni, P. Bettini, M. Mugnai, M. G. Pellegrini and M. Buiatti *Genome flux in tomato auto and auxotrophic cell clones cultured in different auxin/cytokinin equilibria DNA multiplicity and methylation levels* In GENOME, 38, pp. 902-912, 1995
- P. Bogani, A. Simoni, P. Liò, A. Scialpi and M. Buiatti *Genome flux in tomato cell clones cultured in vitro in different physiological equilibria. A rapid analysis of variability.* In GENOME, 39, pp. 846-853, 1996
- M. Buiatti and P. Bogani *Physiological complexity and plant genetic manipulation.* In EUPHYTICA, 85, pp. 135-147, 1995
- P. Liò, A. Politi, S. Ruffo, M. Buiatti *Analysis of genomic patchiness of Haemophilus influenzae and Saccharomyces cerevisiae Chromosomes* In J. THEOR. BIOL. 183, pp. 455-469, 1996
- P. Liò, A. Politi A., Buiatti M., Ruffo S. *High Statistics Block entropy measures of DNA sequences* J. THEOR. BIOL. 180: 151-160, 1996
- P. Bogani, P. Liò, M. C. Intriери. and M. Buiatti *A physiological and molecular analysis of the genus Nicotiana.* In MOLECULAR PHYLOGENETICS AND EVOLUTION, 7, pp. 62-70, 1997

- M. Buiatti and P. Bogani *Exploiting genome plasticity for the detection of hypervariable sequences* In MOLECULAR TOOLS FOR SCREENING BIODIVERSITY Chapman & Hall, pp. 471-485, 1998
- M. Buiatti *Mathematical modelling in biology: a critical assessment.* In IL NUOVO CIMENTO 20, pp. 79-89, 1998
- T. Irdani, P. Bogani, A. Mengoni, G. Mastromei, M. Buiatti *Construction of a new vector conferring methotrexate resistance in Nicotiana tabacum plants* In PLANT MOL. BIOL. 37, 1079-1084, 1998
- P. Bettini, P. Chiarugi, M. Buiatti *An in vitro molecular study of the Nicotiana tabacum genome in the presence or absence of the herbicide atrazine* In THEOR. APPL. GENET. 96, pp. 242-250, 1998
- P. Bettini, E. Cosi, M. G. Pellegrini, L. Turbanti., G. Vendramin, M. Buiatti *Modification of competence for in vitro response to Fusarium oxysporum in tomato cells III PR protein gene expression and ethylene evolution in tomato cell lines transgenic for phytohormone-related bacterial genes* In THEOR. APPL. GENET. 97, pp. 575-583, 1998

Il professor Buiatti ha collaborato alla rivista NATURALMENTE con i seguenti contributi:

- Biologia: finalità innovative, contenuti arretrati* novembre 1992
- Scienza e paradigmi sociali* febbraio 1993
- Razzismo e Biologia* gennaio 1995
- Buon compleanno* dicembre 1997

### Publicazioni del professor Buiatti che possono risultare utili per l'insegnamento della biologia

- Le frontiere della genetica*, 2<sup>a</sup> ed., Editori Riuniti, Roma 1989, segnalato in *Naturalmente*, febbraio 1993.
- Lo stato vivente della materia: le frontiere della nuova biologia*, UTET, Torino 2000, recensito da *Naturalmente*, febbraio 2001.
- Il benevolo disordine della vita, la diversità dei viventi fra scienza e società*, UTET, Torino 2004, recensito da *Naturalmente* in questo numero.
- Le biotecnologie. L'ingegneria genetica tra biologia, etica e mercato*, 2<sup>a</sup> ed., Il Mulino, Bologna 2004, recensito da *Naturalmente* in questo numero.



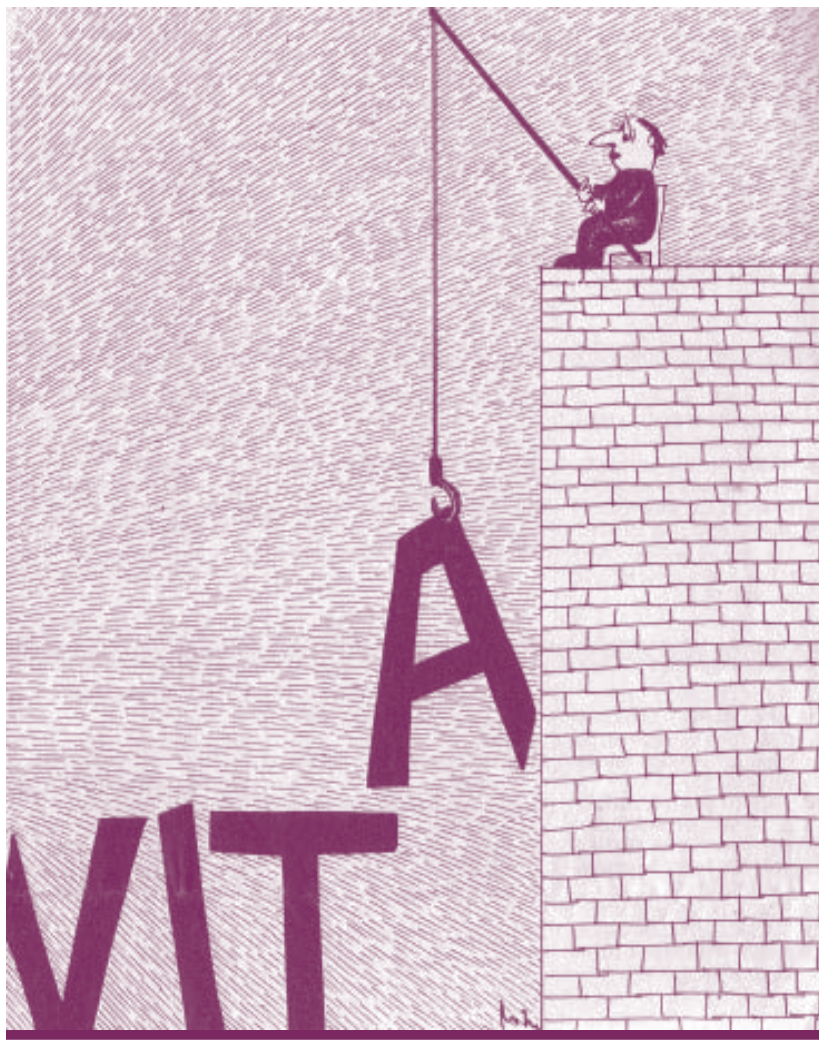
# NATURALMENTE

Fatti e trame delle Scienze

anno 22 • numero speciale • 2009

trimestrale

## Oltre il DNA?



NATURALMENTE  
*scienza*



# 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.* Molto più tardi Kuhn, nel suo famoso libro sulle “rivoluzioni” scientifiche, ha radicalizzato la posizione darwiniana estendendola dal singolo ricercatore alla intera comunità scientifica e raffigurando quindi la storia della scienza non come un processo lineare, ma come un susseguirsi di “salti” da una visione complessiva ad un'altra che cancellerebbe la prima (da un “paradigma” ad un altro). Personalmente non sono molto d'accordo con Kuhn per la eccessiva semplicità della sua teoria, per il fatto che le ipotesi e le teorie individuali e collettive superate non vengono mai completamente abbandonate, ma semmai incluse in un nuovo quadro concettuale, ma soprattutto perché

Kuhn finisce per considerare la comunità scientifica come una entità del tutto isolata, che si muove solo su spinte interne e non è in alcun modo influenzata dalle idee e dai concetti dominanti della collettività umana in generale, quasi che la sua storia fosse del tutto autonoma. Io sono assolutamente convinto invece, e la mia ormai molto lunga vita di ricercatore me lo conferma, che la scienza sia fortemente influenzata dal cangiante spirito del tempo e anche, in particolare dall'inizio del Novecento in poi, dalle pressioni materiali e non, che subisce pesantemente. Le idee dominanti dei diversi periodi storici infatti hanno senz'altro influito sull'opera e sul pensiero scientifici anche semplicemente perchè gli scienziati sono esseri umani e come tali propongono concetti della natura che non vengono solo dai loro esperimenti, ma anche dal continuo cambiamento del rapporto della umanità nel suo complesso con tutto "quello che ci circonda" (lo "Umwelt" di von Uexkull). Da questo punto di vista il dibattito fra riduzionismo e non riduzionismo, se questi due termini vengono presi alla lettera, è sbagliato in partenza, nel senso che le alternative si riferiscono a due metodi di osservazione della natura che non sono antitetici, ma anzi si complementano necessariamente nel lavoro di qualsiasi ricercatore. Il riduzionismo infatti si basa essenzialmente sulla ipotesi metodologica che considera non produttivo lavorare su sistemi complessi osservandoli nella loro interezza e suggerisce invece di frammentarli nei loro componenti osservabili uno per uno e di "assemblare", alla fine di questa operazione, le conoscenze acquisite ottenendo così una visione completa del tutto. Ora, chiunque fa ricerca sperimentale utilizza necessariamente il metodo riduzionista come strumento semplificatorio dello studio degli oggetti naturali. Per questo è chiaro che l'oggetto del dibattito non può essere il metodo, ma semmai un complesso di concetti da cui la elaborazione del metodo è partita. Il metodo riduzionista infatti era iniziato con la affermazione della equivalenza fra sistemi viventi e non viventi che allora presupponeva che le osservazioni fatte sui componenti separati di un sistema non fossero solo utili, ma anche

sufficienti per conoscerlo nella sua interezza. Questo significherebbe in altri termini che ogni componente sia, se è isolato dal sistema, nello stesso stato che avrebbe quando ne è parte integrante. Se così fosse, il solo assemblaggio delle conoscenze ricavate dallo studio dei componenti sarebbe sufficiente per la conoscenza del tutto. Una situazione di questo genere si ha nel caso delle macchine i cui pezzi non interagiscono, ma sono semplicemente uniti gli uni agli altri. Se io infatti levo una ruota ad un'automobile, la ruota e la automobile senza ruota sono identiche a come erano insieme. Non è così nel caso di un essere vivente e infatti, se io mi levo un piede né io né lui restiamo uguali dopo l'operazione. In particolare il piede muore senza di me, ma neanche io sono contento perché perdo sangue, mi sale l'adrenalina ecc. Questo perché io sono un essere vivente e le parti degli esseri viventi sono esse stesse vive solo se sono insieme perché interagiscono in modo non additivo. Attenzione, questo non significa affatto che le parti di un essere vivente non siano fatte di materia ma di un qualche "spirito vitale", come pensava molto tempo fa Driesch. Significa invece che esistono differenze fra materia vivente e materia non vivente nel senso, per entrare subito in argomento, che gli esseri viventi, a differenza dai sistemi non viventi, sono sempre in bilico fra due stati completamente diversi che sono, appunto, quello vivente e quello non vivente. Per mantenersi nel primo per il tempo maggiore possibile noi dobbiamo necessariamente "cambiare programma" in ogni momento della nostra vita rispondendo "attivamente" ai segnali che ci giungono dall'esterno. Per fare un esempio banale, quando fa caldo noi sudiamo e cioè cambiamo il nostro programma per evitare che l'alta temperatura esterna cambi quella interna del nostro corpo. In altre parole si potrebbe dire che "cambiamo per restare uguali" o meglio per restare vivi. Tutto questo non avviene nelle macchine, come è noto, perché esse non possono cambiare l'unico programma che possiedono, che è quello che ha sviluppato il costruttore. Inoltre, la risposta di un sistema vivente agli attacchi che gli vengono dall'esterno è in qualche modo "concertata", nel

senso che ad essa concorrono diverse parti di un organismo. Basta pensare, ritornando all'esempio di prima, che per sudare quando fa caldo io devo attivare un complesso sistema di segnalazione-induzione che parte dai recettori delle mie cellule (proteine di membrana), che riconoscono il calore, cambiano forma e quindi trasmettono il segnale ad altre proteine, in una catena che arriva al nucleo dove vengono attivati geni appositi, in modo da trasmettere il segnale da cellula a cellula fino ad arrivare alle ghiandole sudoripare che svilupperanno sudore. Gli esseri viventi sono quindi, a differenza dalle macchine, organizzati in reti di elementi interagenti che concorrono alla risposta ai cambiamenti via via che se ne presenta la necessità. Da queste considerazioni, in fondo del tutto banali ed intuitive, ma anche per questo a mio parere incontrovertibili, discende che il metodo riduzionista è utile e necessario in diversi casi, ma non è sufficiente alla conoscenza totale in quanto, come si dice, nel caso dei sistemi viventi, il tutto non è uguale alla somma della parti. Altra cosa dal metodo è la ideologia riduzionista, che si basa ancora pervicacemente sulla equivalenza dei sistemi viventi a macchine. Come è stato meravigliosamente mostrato dal movimento futurista italiano, il principio di equivalenza dei sistemi viventi a quelli non viventi, enunciato dai Medici materialisti alla metà dell'Ottocento, in sé non sbagliato, è stato cambiato nel Novecento in equivalenza fra sistemi viventi e macchine, facendo contemporaneamente di queste ultime e della macchinizzazione del Mondo l'obiettivo finale del progresso umano. Fa specie che anche adesso, dopo i profondi cambiamenti che stanno avvenendo in questi anni nelle scienze della vita, chi sostiene questi concetti si spacci per progressista e laico mentre appoggia una ideologia che è stata ed è tuttora negatrice di libertà e contraria al progresso delle conoscenze. Si tratta in realtà di un pesante residuo di neo-positivismo che, affermando il determinismo della materia vivente incurante dei dati sperimentali, ne nega nella realtà la capacità (la libertà) di cambiare. Mi spiego meglio. Secondo le teorie moderne e anche secondo il neo-darwinismo (da

non confondere con il pensiero di Darwin), ogni essere vivente é dotato di un solo programma che ne determina completamente l'esistenza lasciando poco o nessuno spazio alla influenza dell'ambiente e delle interazioni con i propri simili. Questo programma che é, appunto, totalmente deterministico, deriverebbe dall'assortimento del tutto casuale dei varianti genici (gli alleli) dei genitori. Questa visione ha effetti non indifferenti sulla concezione della nostra stessa umanità e anche sui nostri comportamenti verso gli altri esseri umani. Applicata alla nostra specie infatti significherebbe che la nostra specie, visto che l'ambiente naturale e sociale non hanno alcun effetto su di noi, non può essere "migliorata" che privilegiando chi ha i geni "buoni" e eliminando quelli che ne possiedono di "cattivi". Il che si può fare essenzialmente in due modi. Eliminando fisicamente chi deve essere contro-selezionato, oppure introducendo nel nostro genoma le sequenze "giuste" per una vita migliore. Il primo sistema é stato usato, come sappiamo, molte volte e, dal nazismo in poi, si basa proprio sulla miope concezione meccanica dell'era moderna, purtroppo anche con l'appoggio di "scienziati" famosi come Konrad Lorenz o meno noti, come quelli che stesero poco più di 70 anni fa, il manifesto degli "scienziati fascisti", che fornì la base teorica alle leggi razziali del regime mussoliniano. Il secondo che, se applicato non a scopi di eugenetica ma di cura di malattie, potrebbe essere utile, non ha ancora dato risultati apprezzabili proprio per l'alto livello di imprevedibilità intrinseco ai tentativi di introduzione artificiale di sequenze di DNA nel corredo genetico umano e degli altri eucarioti multicellulari. Se fosse vera l'ipotesi del computer inoltre, con un solo programma noi non potremmo cambiare in funzione dei segnali che ci vengono dall'ambiente e non saremmo nemmeno responsabili dei nostri atti in quanto tutti determinati dai nostri geni che ci sarebbero "capitati" dai nostri genitori. Nessuna libertà quindi sarebbe permessa dalla nostra materia e pertanto le fonti di libertà non potrebbero che essere "spirituali", qualunque significato si voglia dare a questo termine. Certo, nessuno degli assertori

della concezione meccanica si spingerebbe fino a formulare considerazioni come quelle che ho fatto, ma non vi è dubbio che esse sono la logica conseguenza delle premesse della visione moderna della vita. Il bello è che, dall'inizio del terzo millennio, sono venuti proprio dalle scienze della vita una serie di dati incontrovertibili che “falsificano” il “Dogma centrale della Biologia molecolare” enunciato nel 1958 da uno degli scopritori della conformazione del DNA cristallizzato, Francis Crick. A parte il fatto che in Biologia, ma in genere nella Scienza, non si dovrebbe mai parlare di dogma, termine che si adatta molto meglio alla fede, Crick allora sosteneva, anche sulla base di una predizione di Schroedinger, che le “informazioni” per tutte le nostre storie di vita, sono contenute nel DNA e vengono poi trascritte, in modo totalmente fedele, in RNA e poi tradotte altrettanto fedelmente e senza errori, in proteine, che sono gli strumenti che “ci autocostruiscono”. Il DNA, che è stato poi chiamato, con una espressione quasi mistica, l’“invariante fondamentale” della vita da Jacques Monod, sarebbe di fatto l’unica, incorruttibile e perfezionabile base di tutte le vite del nostro Pianeta, pienamente predicibili nel momento in cui se ne conoscesse la sequenza di basi azotate (A, T, G, C). E’ per questo che il sequenziamento del genoma umano fu presentato come il sistema che ci avrebbe permesso di prevedere anche le nostre vite individuali e di porre rimedio, con le operazioni di ingegneria genetica, a tutte le malattie magari persino evitando la morte. È stata invece proprio la conoscenza del nostro patrimonio genetico e del suo funzionamento che ci ha fatto cambiare completamente opinione. Sappiamo ora con certezza che il nostro genoma contiene oltre tre miliardi di “lettere”, di cui solo l’1,5% viene trascritto e tradotto (oltre il 65% viene trascritto ma non necessariamente dà luogo a proteine). I geni umani sono 23.000 circa, molto meno dei 40.000 dell’unicellulare Paramecio, e non sono trascritti e tradotti fedelmente come prevedeva il dogma, tanto che le proteine che noi produciamo sono probabilmente più di quattro milioni. I geni sono cioè “ambigui”, nel senso che ognuno di essi può avere la informa-

zione per più di una proteina (anche 48.000 nel caso di DSCAM, un gene di *Drosophila*). La “scelta” di quale proteina produrre in ogni momento e in ogni cellula e di quanta produrne è determinata dai segnali esterni che, attraverso sofisticati meccanismi di regolazione affermatasi durante la evoluzione, regolano sia dal punto di vista quantitativo che da quello qualitativo la espressione genica. Per questo possiamo dire con certezza che il DNA, certo è fondamentale per la nostra vita ma, lungi dal contenere un programma fisso ed immutabile, ci dà invece la possibilità di sintetizzare una enorme quantità di proteine diverse ognuna delle quali viene “costruita” solo quando è necessaria. Tutto questo ci dà una grande plasticità durante le singole vite ed è con questa plasticità che riusciamo ad adattarci “cambiando per restare gli stessi”. Siamo infatti non “omeostatici” ma, come diceva Waddington, “omeoretici” e cioè capaci di modificarci continuamente, ma lungo percorsi che sono limitati essenzialmente dalle nostre caratteristiche specie-specifiche. In altre parole, io non sono un Marcello Buiatti, ma il mio organismo si muove nell’ambito di uno dei percorsi possibili per un essere umano scegliendo di millisecondo in millisecondo quello più adatto al mutevole contesto in cui mi trovo. La plasticità si basa cioè sulla capacità di cambiare con meccanismi che vengono detti “epigenetici”, nel senso proprio che le scelte non erano “scritte” nel DNA che contiene informazione fissata nel passato, ma non è capace ovviamente di predire il futuro dei contesti. I processi epigenetici sono caratteristici non solo della nostra specie ma di tutti gli eucarioti multicellulari. Diversa è la situazione dei batteri che invece, dato che hanno una vita corta (pochi minuti), devono affrontare i cambiamenti dei contesti di generazione in generazione e infatti si sono forniti di processi che permettono di aumentare la frequenza di mutazioni, in caso di bisogno. Ciò avviene per la attivazione, in presenza di stress, di geni che hanno come scopo di far replicare il DNA “con errori”, determinando la comparsa di un numero altissimo di varianti fra i quali ce ne saranno di utili all’adattamento con alta probabilità. I batteri quindi sono relativa-

mente poco plastici ma hanno un alto grado di “evolubilità”, termine con il quale si definisce la quantità di variabilità genetica che può essere potenzialmente utilizzata per l’adattamento. Si è fra l’altro dimostrato che plasticità ed evolubilità sono sottoposte a selezione in quanto tali, per cui la selezione naturale non opera solo per la fissazione di singoli caratteri ma anche di meccanismi che permettono di cambiare, prova questa ancora della necessità della variabilità e della absurdità di considerarci forniti di un solo programma. Infine, va sottolineato che noi esseri umani possediamo una ulteriore strategia per adattarci, grazie al nostro cervello, che con i suoi cento miliardi di neuroni e il milione di miliardi di possibili connessioni, ha una capacità di archiviazione ed utilizzazione della informazione infinitamente superiore a quella del nostro DNA. Conseguentemente la nostra specie ha una bassissima variabilità genetica, ma una enorme capacità di “invenzione” che ha sempre utilizzato per adattare l’ambiente alle sue esigenze, invece di essere “adattata” dalla selezione naturale. In estrema sintesi si può affermare che tutti gli organismi si adattano mediante l’uso di generatori di variabilità selezionati e resi efficienti durante l’evoluzione e una serie di strumenti di ricezione/attivazione che permettono di scegliere continuamente quali di questi strumenti usare. I batteri si basano per questo sulla variabilità genetica (evolubilità), noi eucarioti multicellulari su quella epigenetica (plasticità) e gli umani aggiungono a questi due sistemi lo strumento della evoluzione culturale, molto più rapida ed efficiente degli altri due, e cioè il nostro cervello dotato di una straordinaria capacità di archiviazione ed elaborazione di informazione. Tutti gli esseri viventi cioè, ben lungi dall’essere completamente determinati fin da prima della nascita dal loro DNA, usano attivamente la variabilità per sopravvivere ed adattarsi. Quelle che invece non sono attive e non possono cambiare i loro programmi sono le macchine, costruite dagli esseri umani su un solo progetto, che infatti, non a caso sono morte. Quanto ho cercato di riassumere in questo breve intervento è ormai patrimonio di tutta la Biologia nonostante la strenua difesa



della concezione legata al Dogma centrale, dovuta a ragioni ormai esclusivamente ideologiche o alla scarsa conoscenza dei risultati delle scienze della vita contemporanee. Purtroppo in questo nostro Paese, ormai abituato a discutere sugli slogan e sulle parole e poco sulla realtà materiale, molte persone, magari di ambiti culturali diversi dalla Biologia e dalle Scienze naturali, si arrogano il diritto di pontificare basandosi su vecchie concezioni ormai obsolete ma prevalenti durante l'epoca moderna. Questo atteggiamento è abbastanza pericoloso perché ci stacca dalla nostra stessa natura e abbassa naturalmente la nostra capacità di adattamento ad alcuni processi reali, come ad esempio il cambiamento climatico globale dovuto proprio alla concezione di un progresso "meccanico" che tende ad "ottimizzare" gli organismi, senza limite e senza conseguenze, mentre ormai è chiaro che non sopravvive in natura un organismo "ottimale" e quindi sempre uguale a se stesso ma chi "se la cava", e cioè è capace di cambiare continuamente in funzione delle esigenze dell'adattamento.

