

# *I limiti biofisici della terra e il diritto alla qualità della vita*

## *1. I limiti biofisici del pianeta*

Ogni minuto 40 ettari di foreste scompaiono nel mondo per l'intervento dell'uomo: si tratta della perdita di oltre 15 milioni di ettari di verde all'anno. Al ritmo di distruzione attuale le foreste tropicali scomparirebbero completamente nel breve termine di una vita umana: 80 anni con effetti gravissimi sugli equilibri dell'atmosfera e del clima.

Nel frattempo la popolazione continua a crescere a ritmi vertiginosi: 300 milioni di abitanti sulla terra ai tempi di Gesù Cristo, 600 milioni nel 1500, un altro raddoppio (da 600 a 1200) dal 1500 al 1800; 2 miliardi e mezzo nel 1950 e un altro raddoppio in soli 30 anni, da 2,5 miliardi ai 5 miliardi attuali. Il pianeta sta subendo una pressione folle in tempi biologici brevissimi: per milioni di anni è stato abitato da poche centinaia di milioni di persone e ora, nell'arco di una generazione, sta affrontando continui raddoppi dell'ordine di alcuni miliardi di abitanti. Un possibile difficile calcolo potrebbe essere il seguente: quante foreste, quante foglie, quanta superficie verde sono necessarie per permettere la vita a 10 miliardi di persone? Del resto è evidente che la pressione demografica è responsabile della scomparsa delle foreste: stanno saltando, per la prima volta nella storia dell'umanità, gli equilibri di base che hanno permesso la nascita e l'evoluzione della vita sulla terra.

La pioggia che cade oggi su tutto il pianeta ha un pH di 4,6 con punte di pH = 2,5 in alcune città industriali (esempio: Milano), mentre aveva un pH di 5,6 nel 1880. Questo significa che la pioggia che cade mediamente sulla terra oggi è dieci volte più acida di quella che cadeva ai tempi dei nostri nonni.

Le cause: ossidi di azoto e di zolfo provenienti dalle grandi centrali termoelettriche, dagli scarichi delle automobili, dagli aerei.

Gli effetti: 18.000 laghi senza più pesci nei paesi scandinavi; 560.000 ettari di foreste condannati a morte in Germania; irreparabili danni da corrosione alle cariatidi di Atene, alla sfinge egiziana, alla cattedrale di Colonia, alle chiese di Cracovia, a San Marco a Venezia, allo splendido barocco di Lecce che si sta sciogliendo come neve al sole.

L'ozonofera che da millenni ci protegge dalle radiazioni ultraviolette ha recentemente subito riduzioni e strappi a causa dell'inquinamento da clorofluorometani (aerosol-spray). I possibili effetti di questa riduzione sono l'aumento di cancri alla pelle, la parziale inibizione della fotosintesi, mutazioni, riduzione della crescita delle piante.

\* Ordinario di Chimica-fisica, Direttore del Dipartimento di Chimica, Università di Siena. Il testo del presente articolo, che apre il filone tematico del "diritto all'ambiente", è quello della Prolusione tenuta dal Prof. Tiezzi in occasione dell'inaugurazione del 746° Anno Accademico dell'Università di Siena, il 25 gennaio 1987.

Ricerche all'Antartide hanno messo in evidenza la presenza di DDT in animali e vegetali. Questo pericoloso e pressoché indistruttibile veleno chimico si trova diffuso in gran parte del mondo: pinguini, uova di uccelli, muschi, lichenie, microorganismi presentano notevoli contaminazioni di DDT.

L'analisi di carote di ghiaccio, a 1500 metri di profondità sempre in Antartide, effettuata da ricercatori francesi e svizzeri ha dimostrato che la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera prima della rivoluzione industriale era di 260 parti per milione (ppm). Nell'arco di cento anni questa concentrazione è salita a circa 360 ppm: un aumento fortissimo in un tempo infinitesimo nella scala dei tempi biologici. Se continua questa tendenza, dovuta all'uso di combustibili fossili, il raddoppio di concentrazione dell'anidride carbonica atmosferica potrebbe avvenire prima del 2030, tra 43 anni. Questo aumento provoca, tramite il cosiddetto "effetto serra", un incremento della temperatura con differenze dell'ordine di grandezza di quelle che hanno separato le maggiori ere geologiche. Tale variazione comporta la scomparsa delle stagioni intermedie, una notevole desertificazione nelle zone tropicali e sub-tropicali, grandi siccità estive e gravi cambiamenti di clima.

Le centrali nucleari immettono nella biosfera radionuclidi che possono concentrarsi in particolari parti del corpo umano dando luogo alla rottura di legami nella molecola del DNA (con possibili effetti cancerogenetici): cesio-137 (muscoli e ovaie), stronzio-90 (ossa), rutenio-106 (ovaie), plutonio-239 (ovaie e polmoni), ecc. Alcuni di questi radionuclidi sono artificiali, completamente estranei cioè alla storia dell'evoluzione biologica e della specie umana e, dato che entrano a far parte delle varie catene biologiche ed alimentari, portano ad imprevedibili conseguenze per le future generazioni.

## 2. Termodinamica, biologia

Tutte le azioni umane sottostanno a una ferrea legge, nota come "Il principio" della termodinamica o legge dell'entropia, che afferma che tutta l'energia passa inesorabilmente da forme di energia utilizzabili a forme di energia non più utilizzabili, e che tutte le attività umane (anche, e particolarmente, quelle che creano ordine e organizzazione) producono inevitabilmente disordine, crisi, inquinamento e, in ultima analisi, decadenza nell'ambiente circostante. Dall'uso appropriato di questa legge dipende la qualità della nostra vita o la distruzione della Terra. La rivoluzione industriale ha accelerato quest'ultimo processo. L'uomo ha il potere e la capacità di accelerare ulteriormente il processo di degradazione (per fini di profitto, di consumismo, di egemonia) portando alla morte del pianeta in decine/centinaia di anni, o di rallentare il processo stesso a ritmi naturali offrendo all'umanità e alla natura ancora milioni di anni di vita.

La logica conseguenza di quanto detto è la ricerca del concetto di *equilibrio biologico* e dei modi complicati, difficili, delicati per mantenerlo. Gli studi geologici, meteorologici, ecologici, oceanografici e biologici in genere, hanno ormai messo in evidenza con chiarezza che la vita di ogni singolo organismo è parte di un processo su grande scala che coinvolge il metabolismo di tutto il pianeta. L'attività biologica è una proprietà planetaria, una continua interazione di atmosfere, oceani, piante, animali, microorganismi, molecole, elettroni, energie e materia, tutti parte di un unico globale. Il ruolo di ciascuno di questi componenti è essenziale per il mantenimento della vita. «L'ambiente e gli organismi viventi sono legati tra di loro, parti inseparabili di un'unica unità di processi planetari – scrive Harold Morowitz – in questo contesto l'attività prolungata del sistema biogeochimico globale è più caratteristica della vita che non le specie individuali che nascono, fioriscono per un periodo, e spariscono nel corso dell'evoluzione».

La globalità significa complessità. E la complessità è necessaria per la vita del sistema vivente: semplificazione significa instabilità, minori difese, degradazione.

Le correlazioni tra i costituenti del sistema naturale, le diversificazioni, le individualità, quindi la sua complessità, permettono al sistema stesso di essere più flessibile, di

adattarsi ai mutamenti dell'ambiente, di avere più probabilità di sopravvivere e quindi di evolversi. Viceversa la sua specializzazione significa povertà di variabilità interna, maggiore vulnerabilità.

Dal punto di vista biologico si può senz'altro affermare che aumento della complessità dei rapporti e aumento della diversità di informazione genetica significa aumento della stabilità dell'ecosistema. "Complessità biologica" è quindi sinonimo di stabilità.

Le capacità tecnologiche dell'uomo hanno oggi creato un sistema artificiale la cui potenzialità, per quanto riguarda le modifiche che può arrecare alla natura, è enorme. In genere queste modifiche si traducono in distruzione di alcune specie biologiche o del patrimonio genetico, quindi in distruzione della complessità biologica, in riduzione della diversificazione e dell'adattamento ai mutamenti, in esplosioni di popolazioni determinate, per lo più semplici o semplificate, in vulnerabilità.

Da tutto quanto sopra, deriva che una seria analisi socio-economica non può prescindere dalla conoscenza scientifica dei grandi equilibri biologici e dal peso che in essi hanno i concetti di rinnovabilità e di limitatezza delle risorse e le leggi della termodinamica.

Entropia, evoluzione: non possiamo sottrarci alle loro leggi; il processo entropico e il processo evolutivo hanno una sola direzione e questa non può essere cambiata. Il tempo non può essere capovolto. Ma sulla velocità di questi processi possiamo esercitare la nostra influenza. Il nostro modo di vivere, di consumare, di comportarsi decide la velocità del processo entropico, la velocità con cui viene dissipata l'energia utile e, in ultima analisi, il periodo di sopravvivenza della specie umana. Essere convinti della seconda legge della termodinamica non significa necessariamente dare una mano ad accelerare l'incremento di entropia, così come essere convinti evoluzionisti non significa necessariamente dare una mano ad accelerare l'evoluzione.

Vorrei sottolineare lo stretto parallelo tra i due concetti e il ruolo che questi possono aver per plasmare il nostro futuro: capire quali parametri debbano essere rallentati nel processo entropico e in quello evolutivo può significare un primo passo avanti verso una lettura culturale complessiva del comportamento umano e, quindi, verso la costruzione di una nuova cultura per la società del futuro.

L'intreccio tra entropia ed evoluzione presenta alcuni aspetti complicati che meritano un approfondimento. A prima vista un periodo di evoluzione di un ecosistema o di una specie coincide con un accumulo di entropia negativa, con una diminuzione di entropia. Ma se si guarda il processo nella sua globalità si vede che il singolo organismo si alimenta di entropia negativa, creando ordine al suo interno, a scapito dell'ordine dell'ambiente, su cui scarica disordine provocando alla fine un aumento di entropia. La piccola diminuzione locale di entropia è bilanciata da un incremento assai più grande dell'entropia dell'universo. Affinché un uomo mantenga la propria "struttura ordinata" per un anno "sono necessarie", così è stato affermato, «300 trote; la trota, a sua volta, deve mangiare 90.000 rane, ciascuna delle quali deve mangiare 27 milioni di cavallette, le quali si cibano di 1.000 tonnellate di erba».

Il risultato finale di un processo evolutivo, con la sua creazione di ordine e con la sua «complessità biologica», è sempre l'aumento di entropia dell'ambiente. C'è da dire che i sistemi naturali "conoscono" molto bene la termodinamica e che il rendimento termodinamico dei loro processi è molto alto, vale a dire l'aumento di entropia è ridotto al minimo possibile. Rimane il fatto che evoluzione biologica significa aumento di entropia complessiva.

Jeremy Rifkin, dopo aver notato che «l'ultraspecializzazione biologica è uno dei fattori più importanti che contribuiscono all'estinzione di una specie», e avere quindi confermato che i "sistemi per specialisti" sono i più instabili, analizza la società tecnologica. Con una serie di esempi e di precise argomentazioni Rifkin evidenzia la specializzazione della nostra società che «procede di pari passo con l'aumento della complessità e della centralizzazione». Bisogna sottolineare che Rifkin parla qui di "complessità tecnologica"

che assume una valenza completamente diversa dalla "complessità biologica". Secondo Rifkin infatti questo tipo di complessità è sinonimo di burocrazia, di società ultraspecializzata, di perdita di individualità e, infine, di vulnerabilità. La società tecnologica è caratterizzata da una notevole produzione di entropia. L'impatto della "complessità tecnologica" sulla natura si traduce in una riduzione della "complessità biologica" e in un grosso rischio per la sopravvivenza dei sistemi naturali.

La strada da evitare, sia per i sistemi biologici che per quelli sociali, è quella della semplificazione, della specializzazione spinta. «Anzi il criterio della diversificazione diventa fondamentale per orientarsi su quali passi compiere, se si capisce che è un mito che l'industrializzazione costituisca un valore positivo in assoluto e, più in generale, che è un mito che non vi siano limiti alla capacità dell'uomo o della natura, di riparare comunque agli errori», ha scritto con sintetica chiarezza Elisabetta Donini.

Perdita di diversificazione, aumento di entropia, superspecializzazione significano anche perdita di cultura interdisciplinare, frammentazione del sapere.

Nel bagaglio della nuova cultura, sicuramente interdisciplinare, ancora tutta da scoprire, sono necessari ma non ancora sufficienti i concetti di entropia e di evoluzione. I limiti delle culture economiche, umanistiche, tecnologiche possono trovare una nuova frontiera nella "nuova alleanza" epistemologica tra l'uomo e la natura, proposta da Ilya Prigogine. Il libro di Prigogine (chimico-fisico che ha ricevuto il Premio Nobel nel 1977) e della Stengers è stato recensito acutamente da uno scrittore di primo piano e di sicura formazione umanistica: Italo Calvino. Calvino sottotitola: – Dieci anni dopo l'uscita di *Il caso e la necessità*, Prigogine risponde a Monod annunciando una "nuova alleanza" tra l'uomo e l'universo – ed evidenzia i seguenti punti:

a) l'origine della vita e gli avvenimenti evolutivi non sono improbabili, come asseriva Monod, ma, al contrario, sono figli della termodinamica dei processi irreversibili, non sono un accidente della natura, ma si situano sul tracciato del suo sviluppo più logico (l'uomo non più estraneo alla natura, non più disperato, riacquista la propria dignità);

b) il punto di partenza di Prigogine è la separazione che avviene con Newton tra mondo umano e natura fisica. Con Kant, confermata la distinzione tra scienza e saggezza, scienza e verità, viene sancita la separazione tra le "due culture". A questo proposito Calvino inserisce un'interessante rivalutazione di Bergson;

c) «Michel Serres, l'interprete di Leibniz e di Lucrezio, saluta su "Le Monde" la pubblicazione di *La nuova alleanza* con una prosa carica di entusiasmo lirico e densità di sapere che potremmo definire lucreziana, e soprattutto d'un ottimismo quale non si sentiva da tempo».

Non va dimenticato che l'evoluzione delle strutture complesse e ordinate, logica conseguenza della termodinamica delle "strutture dissipative" (sistemi aperti che scambiano energia con il loro ambiente; gli esseri viventi) e, quindi, strada maestra e non improbabile della biologia, comporta aumento di entropia (disordine, degradazione) nell'ambiente. Di nuovo essere d'accordo con Prigogine, non significa favorire l'evoluzione delle strutture complesse e ordinate e accelerare il processo entropico se questo urta con il raggiungimento dell'equilibrio delle società umane, della giustizia sociale e della sopravvivenza della specie *Homo sapiens*.

I concetti fondamentali da chiarire per affrontare i problemi mondiali (cibo, energia, popolazione, risorse) in termini scientificamente corretti (biologicamente e termodinamicamente) sono il concetto di *limite* e il concetto di *rinnovabilità*. Ma, ancor prima, la base da cui partire per costruire una cultura ecologica è la conoscenza dell'evoluzione i cui protagonisti si chiamano acidi nucleici (DNA e RNA) e un co-protagonista è l'ATP (adenosintrifosfato) di cui tutti gli organismi viventi si servono come fonte energetica. Sui meccanismi e sulle strutture sub-atomiche di queste molecole molte cose sono note, molte sono ancora da scoprire.

Queste molecole sono le responsabili della vita, del suo nascere, del suo divenire, dell'evoluzione biologica. Centinaia di esperimenti di laboratorio (gli esperimenti alla S.

Miller) hanno ormai dimostrato la possibilità di evoluzione delle molecole organiche ("della vita") da materiale inorganico unito a elettricità. Milioni di reperti hanno costruito, mattone su mattone, l'edificio dell'evoluzione darwiniana. Il DNA ha continuato per milioni di anni, sia in essere primitivi, come i microbi o i virus, sia nell'uomo a svolgere la funzione di progettista; a trasmettere le caratteristiche genetiche; a insegnare a costruire le proteine. Oggi (con le ricerche di M. Eigen) anche l'origine del codice genetico si spiega in termini darwiniani, in termini di selezione naturale delle molecole più adatte, e questo, come è stato detto, può essere considerato uno dei maggiori tributi della scienza moderna a Charles Darwin nel centenario della sua morte. Paradossalmente cento anni fa si intese rendergli tributo seppellendolo nell'Abbazia di Westminster accanto a Isaac Newton: senza togliere niente al meraviglioso contributo di quest'ultimo, è con Newton che si afferma la separazione tra fisica e mondo umano, ed è con Darwin che si ritrova l'unione.

Darwin intuì l'idea dell'evoluzione, come dichiara lui stesso, dal *Saggio sulle popolazioni* di Malthus e in particolare dal semplice enunciato che non esistono sufficienti risorse per fare sopravvivere tutti i nati e che le nascite sono esuberanti rispetto alla disponibilità delle risorse. Si affaccia così il concetto di limite delle risorse, superabile soltanto se si fa ricorso a risorse rinnovabili o "eterne" (sole, energie idriche, biomasse ecc.).

Nella cultura italiana di sinistra ha prevalso fino a poco tempo fa la convinzione che malthusiano fosse sinonimo di reazionario, contemporaneamente la stessa cultura ha sempre difeso a spada tratta l'evoluzionismo darwiniano. Il paradosso è evidente: l'evoluzionismo si regge tutto proprio sull'ipotesi malthusiana.

A questo punto vorrei limitarmi a sottolineare tre concetti:

a) in un sistema biologico c'è sempre esuberanza di nascite rispetto alla disponibilità delle risorse fino al momento in cui una risorsa diviene "fattore limitante" del sistema e dell'utilizzo delle risorse;

b) Commoner ha chiarito come il concetto malthusiano vada esteso nel senso di «produttività decrescente delle risorse non rinnovabili»: il carbone o il petrolio verranno estratti da siti sempre più poveri e lontani, fino a che l'energia necessaria per estrarre, per esempio, il carbone più profondo sarà maggiore dell'energia del carbone estratto e sarà quindi impossibile e inutile estrarlo;

c) oggi i moderni studi ecologici hanno inequivocabilmente dimostrato che nel rapporto tra attività umane e fenomeni naturali diminuisce la *produttività* dell'energia. Questo concetto e i relativi dati sperimentali erano assenti sia nelle conoscenze di Malthus sia in quelle di Marx che affrontavano il problema solo dal punto di vista della produttività della terra e del lavoro: mancava allora il concetto di ecosistema e di produttività globale dell'ecosistema stesso. È proprio il rendimento decrescente dell'energia in agricoltura che pone i limiti invalicabili della produzione di più cibo per una popolazione in aumento.

Si arriva così all'ineluttabilità dei *limiti della crescita* (che non sono necessariamente i limiti dello sviluppo) non come forzatura di una ideologia politica, ma come logica e necessaria conseguenza delle grandi leggi della fisica e della biologia. I problemi più allarmanti sono quello energetico e quello alimentare, per altro intimamente connessi e drammaticamente amplificati dall'aumento della popolazione.

La teoria economica contemporanea è legata ancora al meccanicismo positivista e alla cosmologia newtoniana: i concetti di entropia, di indeterminazione, di incertezza, patrimonio della scienza moderna, non hanno ancora intaccato gli errati presupposti di determinazione e di certezza della teoria economica. Il progresso scientifico illimitato che si oppone ai rendimenti decrescenti viene assunto come postulato, e si confonde la ricerca e lo sviluppo con il "miracolo". Nicholas Georgescu-Roegen ha riportato la teoria economica sulla frontiera della cultura scientifica del nostro tempo, ridiscutendo la nozione di valore economico, anche alla luce delle analisi dei flussi energetici di Odum, e dando una dimensione cosmica alla legge economica dei rendimenti decrescenti, alla luce delle moderne analisi termodinamiche.

Si vede così per esempio che l'energia del carbone è uno "stock", mentre l'energia solare è un "flusso". «Ogni generazione non può toccare la radiazione solare che spetta alle generazioni future». Viceversa per le risorse terrestri non rinnovabili «la disponibilità di ogni generazione è influenzata dal consumo delle generazioni precedenti». Una quantità di legno o di vegetale che cresce sarà a disposizione per le generazioni future, mentre «ogni Cadillac o strumento di guerra significa meno aratri per qualche generazione futura e, implicitamente, anche meno esseri umani». Il numero di anni di durata prevedibile delle risorse accertate è 36 per il rame, 100 per l'alluminio, 240 per il ferro, 26 per il piombo, 13 per il mercurio, 17 per lo stagno, 23 per lo zinco secondo le stime del Massachusetts Institute of Technology (MIT): numeri piccoli nella scala dei tempi biologici. E, come fa notare Georgescu-Roegen, la maggior parte di questi materiali non è riciclabile.

Oggi si impone una rifondazione completa del concetto di valore: le leggi della biologia ci dicono che non tutte le aziende industriali sono uguali, che non possono essere usate le stesse leggi economiche per un'automobile che va con energia rinnovabile da biomassa e per una che va a energia non rinnovabile (petrolio).

Marcello Cini ha suggerito che l'economia potrebbe prendere dall'ecologia quella boccata di ossigeno necessaria per levarsi dal coma in cui versa; che, per dirla alla Kuhn, una rivoluzione scientifica in economia sarebbe auspicabile.

L'ambiente e le generazioni future non possono più essere esclusi dal mercato arrivati a questo bivio storico tra le scelte della sopravvivenza e quelle della distruzione globale del pianeta: *l'economia non può più fondarsi su scienze "reversibili" (meccaniche), ma su scienze "in divenire" (biologiche, termodinamiche)*. Il sistema vivente non possiede il determinismo della tecnologia. La riduzione del sistema vivente a quantità, a misura, non è possibile: *l'economia classica è una forma di riduzionismo*.

Il rapporto tra economia e ecologia è ovviamente ancora tutto da costruire, ma alcuni punti sono evidenti:

a) l'ecologia indica all'economia che esistono costi economici lontani nello spazio (su scala planetaria) e nel tempo (future generazioni);

b) l'ecologia evidenzia la non riducibilità a unità economiche di molti costi ambientali e umani;

c) se la produzione obbedisce soltanto a leggi economiche classiche ciò che si produce non sarà necessariamente a favore dell'uomo.

### 3. *Tempi storici, tempi biologici*

In realtà le "culture umanistiche" (marxiste o capitaliste) mancano di un parametro fondamentale nella loro analisi storica: il *tempo biologico*. In questo senso sono "statiche", ed estremamente limitate nel programmare il futuro. Il tempo biologico è quella cosa con cui si misura l'evoluzione biologica, e la sua unità di misura per studiare il passato è dell'ordine di grandezza di milioni di anni: miliardi di anni ci separano dall'origine della Terra; centinaia di milioni di anni dalla comparsa di alghe, batteri, trilobiti, artropodi, pesci; 3 milioni di anni dalla comparsa dell'uomo. Ma il tempo biologico è anche quella cosa con cui si deve misurare il futuro e la rottura degli equilibri biologici sta inducendo variazioni a livello planetario in tempi talmente brevi da accelerare l'orologio geologico. Trasformazioni che prima avvenivano in milioni di anni possono ora avvenire (per lo squilibrio indotto) in poche decine di anni e le conseguenti variazioni per gli equilibri umani e sociali corrisponderanno a un'accelerazione di milioni di anni di storia.

In altre parole le scale biologiche e storiche si sono invertite. *I tempi biologici e i tempi storici seguono ritmi diversi*. La storia documentata dell'uomo fino a oggi (poche migliaia di anni) è un tempo trascurabile rispetto alla storia biologica della Terra, quasi un infinitesimo matematico e quindi un flash statico nella cultura biologica. Le grandi variazioni iniziate a livello planetario richiedono invece, perché si possano programmare gli opportuni rimedi, che i futuri dieci anni siano paragonati, dal punto di vista biologico, ai

milioni di anni trascorsi e che quindi le analisi biologiche siano prioritarie rispetto alle esigenze "storiche" normali: uno studio storico classico non ha più le unità di misura passate e future per dirci che cosa succederà.

Miliardi di anni, con una complessità e un'evoluzione irripetibili, sono stati necessari per creare il patrimonio biologico di una specie; nei prossimi decenni l'intervento dell'uomo sarà responsabile della scomparsa di una specie vivente ogni quarto d'ora.

#### 4. Verso un nuovo paradigma

In molti casi (clima, radioattività, guerra nucleare, aumento demografico e scarsità di cibo) il rischio ha dimensioni planetarie. Si è visto anche che quasi tutti questi problemi coinvolgono le future generazioni e implicano decisioni da prendere sulla pelle dei nostri figli, nipoti, ecc.

Questi due punti, dimensione planetaria e tempi lunghi, non sono parametrizzabili in termini politici classici. Le nostre esperienze storico-politiche non servono per affrontare i più gravi problemi emergenti, siamo spiazzati.

È necessaria una grossa operazione culturale, un effetto sinergico di competenze e patrimoni politici e culturali. La base di tutto questo non può che essere un approfondimento della lettura biologica degli equilibri naturali, dell'evoluzione dell'uomo, dei comportamenti. Insomma *il primato della biologia*, non come asettica scienza che guidi la politica, ma al contrario una politica permeata, nutrita di biologia.

Se nel mondo occidentale industrialmente avanzato e nei paesi del cosiddetto socialismo reale, nell'ultimo mezzo secolo, si è avuto un effettivo incremento del "benessere" e se, sempre limitatamente a questi paesi che rappresentano una percentuale piuttosto bassa dell'umanità, si è avuto un effettivo miglioramento delle condizioni di vita della classe operaia, tutto questo è sostanzialmente basato su tre fatti negativi che hanno permesso di pagare tali benefici:

a) lo sviluppo veloce delle tecnologie ha aumentato il divario tra paesi ricchi e paesi poveri, tra zone privilegiate e zone depresse: il nostro benessere è basato su un aumento continuo di morti per fame nel mondo e su un aumento continuo di disoccupati ed emarginati;

b) l'aumento dell'organizzazione, "dell'ordine tecnologico" ha necessariamente e inevitabilmente creato maggior disordine nell'ambiente, sta cioè scaricando nel pianeta danni irreversibili;

c) si è potuto concedere spazio alle rivendicazioni operaie prelevando in maniera crescente risorse non rinnovabili dalla natura, in altre parole è stata sfruttata la "classe futura", le generazioni dei nostri figli e dei nostri nipoti, avvicinando nel tempo il sopravvenire di una crisi economica e ambientale probabilmente di gravi dimensioni, evitabile solo con un uso razionale delle risorse, passando da un sistema basato su fonti non rinnovabili a uno basato su fonti rinnovabili.

Siamo alla vigilia di una grande trasformazione, che in ogni modo sarà inevitabile data la scarsità delle risorse. Se, fin da ora, si gettano le basi di questa trasformazione il passaggio sarà più tranquillo, meno drammatico, con minore probabilità di "catastrofi" del tipo *guerra, carestie, malattie*, ecc.

Kuhn, uno dei più grandi filosofi della scienza viventi, osserva che il passare del tempo porta anomalie che la teoria esistente non è più in grado di spiegare. Il divario tra teoria e realtà può divenire enorme e, conseguentemente, fonte di gravi problemi. È esattamente quello che sta avvenendo oggi tra le vigenti teorie socio-economiche (sorrette da fideistici assiomi scientifici) e la realtà naturale del pianeta.

Il fenomeno fin qui descritto ha un nome in filosofia della scienza: si chiama *cambio di paradigma*. Il nuovo paradigma rappresenta rispetto al vecchio una netta evoluzione: nuovi criteri, nuovi valori, nuove categorie (ivi compreso il concetto di tempo non

più reversibile, ma irreversibile come in tutti i processi biologici e termodinamici reali).

L'esempio più famoso che Kuhn porta è quello dell'evoluzione biologica e della teoria di Sir Charles Darwin. La grande novità era la presenza di un nuovo parametro nello studio delle specie viventi: il tempo, appunto. Una visione completamente diversa della realtà, che i più grandi scienziati di quel momento storico (i migliori tra essi, i più anziani, i più rispettati) non capirono o non vollero capire. Darwin stesso diceva: non posso pretendere che i migliori dei miei colleghi, che hanno speso tutta la loro vita lavorando all'interno di un modello, di una teoria (il vecchio paradigma), possano accettare una teoria così diversa (il nuovo paradigma).

La stessa cosa avviene oggi per il problema ambientale. Per la prima volta nella storia dell'umanità si affacciano alcune crisi che potrebbero coinvolgere tutto il pianeta. Il problema demografico, la possibile alterazione permanente dell'atmosfera e del clima, il rischio di un conflitto nucleare e l'esaurimento delle risorse energetiche, o meglio i limiti imposti dalla natura al loro uso, sono i quattro aspetti più eclatanti di una crisi globale (ambientale, energetica, economica) che coinvolge tutto l'equilibrio biologico e che è la logica conseguenza di un uso dissennato, sia da un punto di vista biologico sia da quello fisico-termodinamico, delle risorse terrestri (ritenute, a torto, inesauribili), della natura (ritenuta, a torto, un sistema in grado di riparare eternamente i danni subiti) e dell'uomo (ritenuto, a torto, capace di subire indenne le aggressioni chimiche e psicologiche o comunque capace con la propria abilità e le proprie tecnologie, di dominare processi di squilibrio di dimensioni planetarie).

La responsabilità ambientale assume quindi un ruolo fondamentale nelle scelte politiche ed economiche e si pone con urgenza il problema della penetrazione, a tutti i livelli, di una seria cultura ecologista.

Le nuove condizioni del pianeta, aggredito da un modello energetico concentrato in megaimpianti, sono cambiate radicalmente in pochi anni. La pioggia che cade sul pianeta ha oggi un'acidità oltre 10 volte superiore alla pioggia che cadeva ai tempi dei nostri nonni e le centrali a carbone hanno su questo processo un effetto dirompente. Le centrali nucleari immettono nell'agricoltura e nelle specie viventi radionuclidi non presenti nei cicli naturali, alcuni di essi assenti completamente nel pianeta terra (artificiali), con imprevedibili effetti per le generazioni future. Giustamente, a questo proposito, il premio Nobel per la Medicina e la Biologia, George Wald afferma che «ogni dose di radiazione è un'overdose». Pochi anni di storia stanno sconvolgendo millenari equilibri biologici. Le tecnologie basate su energie non rinnovabili e ad alto rischio sono giustamente sotto accusa e, di fatto, alla luce dei nuovi dati appaiono vecchie e superate. Sono proprio la termodinamica (e in particolare il concetto di entropia) e l'evoluzione biologica alla base del nuovo paradigma e alcune branche delle vecchie teorie scientifiche (statiche, meccanicistiche) mostrano chiaramente la loro inadeguatezza a spiegare la nuova realtà. Tra questi sicuramente la tecnologia nucleare e le teorie economiche favorevoli all'aumento indiscriminato del prodotto nazionale lordo, che rappresenta sempre meno un indice di benessere e di sviluppo. Molto bella, a questo proposito, la chiusura dell'articolo di Giorgio Ruffolo su La Repubblica del 28 Maggio scorso: «è meglio una società in *sviluppo* sulla base di energie rinnovabili, che una società in *crescita* sulla base del saccheggio e dell'inquinamento. Insomma, una società veramente post-industriale. Se gli uomini non sapranno trovare i modi per dare questa risposta alla grande sfida del controllo dell'interdipendenza economica ed ecologica, temo che un giorno i loro figli si troveranno, di colpo, in una società pre-agricola».

La parola sviluppo è ben accetta nel nuovo paradigma biologico a differenza della parola "crescita".

È importante sottolineare che la transizione ad un nuovo paradigma implica un confronto di questo con la natura e, mai come oggi, questo discorso è stato rilevante. Si tratta ovviamente del problema dei valori. «La questione dei valori – scrive Kuhn – può trovare una risposta soltanto in termini di criteri che stanno completamente al di fuori



della scienza normale, ed è un tale ricorso a criteri esterni che in maniera più evidente rende rivoluzionari i dibattiti sui paradigmi». È in gioco anche qualcosa di più fondamentale dei criteri e dei valori. I paradigmi non sono solo parte integrante della scienza, ma essi sono *parte integrante anche della natura*.

*Ne deriva una concezione evolutiva della scienza.* Del resto l'uomo con i suoi processi di apprendimento, con le sue scoperte scientifiche, con la sua tecnologia, con il suo modo di modificare l'ambiente, è frutto della natura e del processo evolutivo. Il problema è quello di selezionare le scelte giuste, di avere il coraggio dell'autocritica e di abbandonare i miti tecnologici non controllabili di crescita illimitata e di manipolazione ad alto rischio della materia, pena il comportarsi come l'apprendista stregone che agisce sulla base di conoscenze pericolosamente incomplete, avviando esperimenti che sfuggono al suo controllo e mettono in rischio l'equilibrio stesso del pianeta. Il realismo ecologico rompe con l'utopia produttivistica.

Una nuova generazione di scienziati e di ricercatori rompe con una vecchia generazione troppo fiduciosa nelle specializzazioni tecnologiche.

Sono passati più di cento anni da quando Max Planck pose le basi delle leggi della termodinamica che Einstein considerava le leggi fondamentali della scienza; più di cento anni dalla scoperta della teoria dell'evoluzione biologica; più di cento anni dall'introduzione nella scienza di un nuovo concetto di "tempo", ma molte teorie socio-economiche dominanti, molte scelte energetiche ed industriali, continuano ad ignorare l'esistenza di queste idee, le hanno condannate a 100 anni di solitudine, come la stirpe dei Buendia nel romanzo di Garcia Marquez. ■

