Il Margine, n.4-5/1990

IL DIBATTITO SULLO STATO DEL PIANETA NEGLI ANNI '80

Flavio Santini

I riferimenti bibliografici tra parentesi nel testo rinviano alla numerazione della bibliografia posta alla fine dell'articolo.

La letteratura degli anni '80 sulle condizioni ambientali del pianeta Terra, pur omettendo le trattazioni relative a fenomeni locali e quelle riguardanti aspetti specifici, è molto vasta. Veri e propri rapporti delineano la diagnosi delle problematiche in modo molto simile tra loro, al di là delle diversità implicite negli obiettivi e nei ruoli diversi che i loro autori hanno (uomini politici, funzionari di organizzazioni governative, membri di istituti di ricerca privati, ricercatori universitari). In generale si concorda sull'analisi dei dati e sui possibili sviluppi della situazione relativa alle varie questioni di interesse ambientale, che corrispondono alle cinque variabili del modello Meadows *I limiti dello sviluppo*:

1. *popolazione*, con il fenomeno particolarmente significativo del processo di urbanizzazione;
2. *disponibilità di alimenti*;
3. *inquinamento*, di solito affrontato per problemi specifici come: effetto serra, diminuzione di ozono nella stratosfera, piogge acide, smog, contaminazione chimica (pesticidi, rifiuti tossici), radioattività;
4. *disponibilità di risorse naturali*, in termini di: disboscamento, scarsità idrica, desertificazione (erosione, salinizzazione, ecc.), risorse energetiche non rinnovabili (petrolio, carbone, uranio, metano, ecc.), riduzione varietà delle specie biologiche;
5. *industrializzazione*, soprattutto per quanto riguarda misure di protezione ambientale, riconversione dell'industria tradizionale e bellica, efficienza energetica nella produzione.

Ma aldilà di una certa uniformità di contenuti e talvolta anche di struttura, è possibile distinguere due punti di vista essenzialmente diversi. Da un lato i rapporti delle organizzazioni governative e di altre organizzazioni non «ecologiste», caratterizzati — in breve — dalla fiducia di poter superare le difficoltà contingenti con un'azione più efficace del sistema di sviluppo attuale opportunamente modificato. Dall'altro rapporti e saggi di esponenti del movimento verde o «ecologista», che in un modo o nell'altro rimettono in discussione i fondamenti culturali della realtà attuale, soprattutto con frequenti riferimenti ad una nuova concezione della scienza e ad alcune teorie in particolare.

Senso della globalità e principio olistico

Nei rapporti del primo tipo, pur essendo definitivamente acquisita la coscienza della globalità delle problematiche ambientali e della loro interdipendenza, prevale lo sforzo di individuare delle soluzioni ai singoli problemi, nel tentativo di essere efficaci, di incidere sulle decisioni e sui comportamenti: questi rapporti vogliono essere più delle guide operative che delle sintesi teoriche. Pur rivendicando di effettuare l'analisi più «integrata dell'interazione globale dei problemi relativi a energia, ambiente, alimentazione, popolazione e tendenze economiche» (rif. 2), questi rapporti non seguono la tendenza, evidenziatasi negli anni '70, a ricercare una sintesi unificante per amplificare la comprensione delle interrelazioni tra le problematiche coinvolte.

Invece nella visione propria del movimento ecologista il concetto di globalità si spinge ben oltre la coscienza dell'estensione delle questioni nello spazio (a tutto il pianeta) e nel tempo (alle generazioni future) e della necessità di una cooperazione mondiale più accentuata. Non si tratta solo di dover «affrontare simultaneamente una serie di questioni interconnesse». L'accento sull'interconnessione dei problemi fa si che si cerchino categorie diverse per comprendere la globalità, come il principio olistico e la teoria dei sistemi, che si ricorra a certe teorie o ipotesi scientifiche unificanti, che si riconiughi la globalità in termini di complessità. La possibilità di considerare la terra come un unico grande ecosistema — finalmente studiabile nella sua interezza, osservabile dallo spazio, raggiungibile facilmente in ogni sua parte — fa sì che il riferimento privilegiato sia ai principi e ai metodi dell'ecologia, disciplina che riunisce processi fisici e biologici e costituisce un collegamento tra scienze naturali e scienze sociali.

Il principio olistico, così come espresso dagli ecologi, dice che i sistemi naturali sono ad un diverso livello rispetto ai loro singoli componenti. L'approccio olistico si contrappone al riduzionismo, al metodo analitico, e, in particolare nello studio degli ecosistemi, consiste nella misurazione dei flussi di entrata e di uscita e nella definizione delle proprietà collettive (cioè somma delle proprietà dei singoli componenti) ed emergenti (cioè non presenti a livello dei singoli componenti) dell'intero. «Quando i componenti sono fortemente associati, eventuali proprietà emergenti si evidenzieranno solo a livello dell'intero. Tali importanti attributi si perderebbero se fosse applicato esclusivamente l'approccio analitico» (rif. 7). Un approccio olistico sta alla base anche della realizzazione di modelli globali del sistema mondiale come quello del M.I.T., e ciò avvicina i *I limiti dello sviluppo* più a rapporti del movimento ecologista che non a rapporti degli anni '80 usciti da ambienti analoghi a quello in cui esso è stato concepito.

La povertà come causa del degrado

Un aspetto dell'interdipendenza ambientale tra le varie parti del pianeta è emerso chiaramente negli anni '80 e trova ampio spazio nei rapporti del primo tipo: il degrado ambientale, che in un primo tempo era stato identificato come tipico delle nazioni ricche ed effetto collaterale della produzione industriale, ora è divenuto questione di importanza vitale anche per le nazioni in via di sviluppo, considerate non solo come vittime ma anche come «responsabili», perché la povertà è spesso una delle cause principali di pressione sulle risorse naturali.
Invece nei rapporti del movimento ecologista prevale al riguardo un punto di vista diverso, in qualche caso anche radicalmente. Ad esempio, Goldsmith denuncia come, più che le condizioni di indigenza dei paesi del terzo mondo, sia lo sviluppo economico dei paesi occidentali il responsabile del degrado ambientale: lo sfruttamento delle risorse naturali è operato in principal modo dalle multinazionali e dà luogo ad esportazioni al Nord, oppure è funzionale al pagamento dei debiti più che allo sviluppo della popolazione autoctona; per quel che riguarda l'inquinamento, è vero che cresce nei paesi in via di sviluppo molto più che nelle nazioni ricche, ma questo è dovuto alla dislocazione nei paesi del terzo mondo della produzione meno controllata e più inquinante, per ragioni di reperimento e di costo della mano d'opera ma anche per una maggior tutela ambientale del Nord.

Per un'economia eretica

La necessità di attuare una stretta connessione tra ecologia ed economia è fortemente affermata: «ambiente e sviluppo non sono realtà separate. Lo sviluppo non può sussistere su una base di risorse ambientali in via di deterioramento e l'ambiente non può essere protetto qualora la crescita non tenga conto del fattore antieconomico della distruzione ambientale» (rif. 1).
Questa connessione nei rapporti del primo tipo si traduce essenzialmente in alcune indicazioni e scelte conseguenti, che elenco senza pretesa di organicità nell'esposizione:
□ i governi devono fare in modo che i loro enti economici e commerciali siano responsabili della predisposizione di strategie e di bilanci preventivi per incoraggiare uno sviluppo compatibile con l'ambiente, per esempio attraverso incentivi di mercato;
□ è importante studiare e rendere operative misure di valutazione dell'impatto ambientale;
□ l'attività economica deve tener conto dei costi di produzione legati al deterioramento dell'ambiente, mediante la politica dei prezzi, l'introduzione di tasse sull'inquinamento e di standard ecologici di produzione obbligatori;
□ la questione ambientale dovrebbe rientrare nella sfera di competenza e di responsabilità anche degli imprenditori. La ricerca della qualità si è rivelata un valido strumento di competizione economica per migliorare la produttività: potrebbe esserlo altrettanto per migliorare la tutela ambientale;
□ si dovrebbe sviluppare anche l'imprenditoria del recupero ambientale e del riciclaggio, che diventeranno verosimilmente un grosso affare.
Le pagine di questi rapporti che contribuiscono di più alla speranza e all'ottimismo, di fronte alla gravità delle problematiche ambientali, sono quelle che riguardano l'efficienza energetica ed i risultati conseguiti in questo campo negli ultimi 15 anni nei paesi a economia di mercato. Grandi margini di risparmio energetico si verificano per esempio nei settori dell'edilizia, dell'industria, dell'illuminazione, degli elettrodomestici e dei trasporti. «L'efficienza energetica rappresenta uno dei migliori affari oggi disponibili sul mercato non solo per imprese e consumatori, ma soprattutto per il benessere generale delle nazioni» (rif. 2). Si nota che dal '73 si è verificato il 20-30% in più di efficienza energetica nei paesi a economia di mercato e che dal '74 l'economia USA ha avuto un'espansione superiore al 35%, mentre i consumi di energia hanno fatto registrare un netto calo.

«Investire nell'efficienza energetica sembra essere la risposta più efficace ai limiti di natura ambientale che stanno ora rivelandosi, dopo che si è riusciti a superare, finora, i limiti allo sviluppo grazie alla politica dei prezzi».

Nella letteratura propria del movimento verde, aldilà di queste misure correttive, che rappresentano la «via morbida» della politica ambientale, come la chiama Commoner, è messa in discussione la concezione economica corrente derivata dal paradigma riduzionistico della scienza moderna. «La crisi energetica, il problema delle risorse, gli squilibri internazionali, hanno fatto maturare un nuovo atteggiamento e hanno prodotto nuovi strumenti di analisi. Il secondo principio della termodinamica e la legge dell'entropia vengono assunti quali nuovi criteri guida per l'analisi dei processi produttivi; l'idea di progresso viene depurata dei suoi connotati ideologici di crescita quantitativa; nuovi obiettivi di sviluppo vengono definiti in funzione del rispetto degli equilibri ecologici complessivi e della razionalità nell'uso delle risorse; valori quali solidarietà e cooperazione vengono trasferiti dalla sfera della morale sociale a quella dell'economia e diventano elementi importanti nella definizione di strategie economiche a più ampio respiro» (rif. 6).

L'economista Nicholas Georgescu Roegen, uno dei punti di riferimento del movimento verde, ha proposto una nuova disciplina, chiamata bioeconomia, che consideri l'economia, vista come lo studio delle trasformazioni di materia ed energia realizzate dall'attività umana, a partire dalla legge fisica che tratta di tali trasformazioni, la legge dell'entropia. Odum suggerisce piuttosto il termine «oleoeconomia», che si rifà ai tentativi di applicare i principi olistici all'economia da parte di un gruppo di economisti di più di 50 anni fa. Per dare un'idea dell'entità del cambiamento ipotizzato, basta citare un altro economista, Jeremy Rifkin, che nel libro *Dichiarazione di un eretico*, propone di sostituire nel nostro pensiero economico il termine «crescita» con l'espressione «prendere a prestito»: «la verità fondamentale su noi stessi, sui nostri manufatti e sulla nostra civiltà è che tutto è preso a prestito. [...] Nel momento in cui introduciamo l'idea del prestito in economia, subito si respira un nuovo senso di responsabilità, poiché insieme al concetto di prestito non può mancare il concetto di debito. [...] Una civiltà dovrebbe prendere a prestito solo ciò che può ripagare».

Si propone di realizzare una rifondazione dell'economia, perché includa parametri come la qualità della vita, le disuguaglianze sociali, la tutela dell'ambiente e ridefinisca la ricchezza in termini non puramente monetari ed il progresso in termini non solo di crescita quantitativa, perché trasformi la «crescita» in «sviluppo».

Non mancano, anche a proposito del rapporto tra ecologia ed economia, le critiche nei riguardi delle proposte contenute nei rapporti governativi e non ecologisti. Per esempio Goldsmith identifica lo sviluppo economico come la causa di tutti i problemi ambientali presi in considerazione: «non solo allo sviluppo economico non viene attribuita alcuna responsabilità in merito ai problemi di natura ambientale e umana descritti in questo libro, ma anzi esso viene visto [dai rapporti delle organizzazioni governative, *n.d.r.*] come l'unico mezzo che possa fornire la loro soluzione. [...] Le linee di condotta che vanno sotto il nome di sviluppo sono molto simili e in verità scarsamente distinguibili da quelle che erano state perseguite sotto l'egida del sistema coloniale. Lo sviluppo economico del Terzo mondo ottiene esattamente gli stessi scopi. Esso consiste nel portare le nazioni del Terzo mondo nell'orbita del commercio internazionale convincendole a eliminare l'agricoltura di sussistenza e i metodi di produzione artigiana che rifornivano largamente il mercato locale e a rimpiazzarli con piantagioni intensive ottenute mediante il capitale e con fabbriche di rilievo sul mercato internazionale» (rif. 4).

Una formula controversa: sviluppo sostenibile

Lo «sviluppo sostenibile» è il concetto «vincente», l'obiettivo da perseguire, secondo i rapporti delle organizzazioni governative e non ecologiste, e si basa sul senso della globalità e sulle modalità di connessione tra ecologia ed economia descritti all'inizio dei paragrafi precedenti. E' definito come lo sviluppo «capace di sostenere il progresso umano non solo in pochi luoghi o per pochi anni, ma sull'intero pianeta e per un futuro di lunga durata» (per le generazioni future).

Il Worldwatch Institute parla di «società sostenibile» e *Le scienze*, in generale, parlano di «sviluppo compatibile con l'ambiente», ma il senso è essenzialmente lo stesso. La *Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo* dedica un lungo capitolo alla definizione dettagliata del concetto di sviluppo sostenibile. Nel comunicato emesso al termine della sua ultima riunione, noto come «dichiarazione di Tokio», la Commissione fa appello a tutte le nazioni del mondo perché integrino lo sviluppo sostenibile nei loro obiettivi, elencando i principi da adottare come guida delle loro iniziative politiche. Questi principi sono:

1. rianimare la crescita;
2. mutare la qualità della crescita;
3. conservare ed incrementare la base delle risorse;
4. assicurare un livello demografico sostenibile;

5. dare nuovi indirizzi tecnologici e gestire i rischi;
6. integrare ambiente ed economia nei processi decisionali;
7. riformare i rapporti economici internazionali
8. rafforzare la cooperazione internazionale.

Dunque «sviluppo sostenibile» significa innanzitutto sviluppo e, pur con notevoli varianti, lo stesso tipo di sviluppo praticato finora. «Questo sviluppo ha fatto migliorare notevolmente le condizioni di vita dell'uomo e ancora più imponente è il potenziale di progresso futuro. [...] I bisogni e le aspirazioni di oggi potrebbero essere conciliati con quelli di domani ammesso che vi siano mutamenti fondamentali nel modo in cui le nazioni gestiscono l'economia mondiale. [...] L'imperativo più urgente dei prossimi decenni è quello di un'ulteriore rapida crescita. Se continuassero a essere validi i modelli di sviluppo attuali, nei prossimi 50 anni per far fronte ai bisogni e alle aspirazioni di una popolazione mondiale in forte crescita, oltre che per cominciare a ridurre la povertà di massa, sarebbe necessario un aumento da cinque a dieci volte dell'attività economica. Se la povertà non verrà ridotta significativamente e presto, non ci sarà in realtà alcuna possibilità di arrestare il declino accelerato del capitale del pianeta: foreste, suoli, specie viventi, zone di pesca, acque e atmosfera» (rif. 3).

Per quanto riguarda l'aggettivo «sostenibile», termine derivato dall'ecologia, si afferma che «il concetto di sostenibilità [...] può esser applicato al livello dei singoli ecosistemi, o di singoli settori economici, o ancora di regioni geografiche. La pesca peruviana delle acciughe rimane uno dei più chiari esempi di come la domanda eccessiva possa distruggere un ecosistema. Radiosi resoconti economici accompagnarono l'espansione in Perù dell'industria delle acciughe, contrassegnata da un pescato che passava dai 4 milioni di tonnellate del 1960 agli 8 milioni del 1965 e ai 13 milioni di tonnellate del 1970; a questo punto gli ecologi, secondo cui la pesca poteva sostenere rese non superiori ai 9 milioni di tonnellate, si misero in allarme e i fatti diedero loro ragione, giacché agli inizi degli anni Settanta le rese annue crollarono fino a meno di 2 milioni di tonnellate, livello da cui non si sono più risollevate. Le analisi condotte su singoli settori dell'economia mondiale rivelano anch'esse processi non sostenibili».

Nelle riflessioni del movimento ecologista il termine «sviluppo sostenibile» è molto poco usato. In alcuni casi è apertamente criticato, come nel caso di Goldsmith: «è difficile vedere come il perseguimento della crescita economica possa conciliarsi con la protezione dell'ambiente. [...] Non è assolutamente certo che sia sempre possibile uno sviluppo sostenibile. [...] Nel mondo competitivo in cui viviamo, vengono presi in considerazione solo quei progetti di sviluppo che presentano i massimi vantaggi politici e hanno una convenienza economica a breve termine: sfortunatamente i progetti piccoli e favorevoli da un punto di vista ecologico e sociale — e quindi sostenibili — raramente soddisfano queste condizioni. Oltre a ciò lo sviluppo economico significa aumenti di consumi e di produzione. Inevitabilmente l'impatto delle attività umane sugli ecosistemi, che sono già assai degradati, non può che aumentare. Perciò sostenibilità e sviluppo non possono che apparire come termini in contraddizione».

Inoltre si nota che, se in casi particolari come quello degli ecosistemi locali la sostenibilità è facilmente definibile e misurabile (come nel caso della pesca delle acciughe in Perù), è molto difficile determinare il limite alla sostenibilità globale.

Lo stato stazionario

Una diversa valutazione della «sostenibilità» degli interventi per la tutela dell'ambiente è riscontrabile nella posizione di Commoner, il quale, alludendo all'impatto ambientale delle tecnologie produttive, parla di «via dura» e «via morbida».

«La prima (l'immane insieme di tecnologie centralizzate create senza alcun riguardo ai loro rapporti con le risorse naturali) conduce all'energia nucleare, all'agricoltura chimica, alle auto di grossa cilindrata. La seconda porta a tecnologie più confacenti, per scala e disegno, ai loro obiettivi umani e al contesto ecologico (cogeneratori, energia solare, agricoltura organica e biciclette). [...] Di fatto, per poter seguire la via morbida della tecnologia ecologicamente coerente, dobbiamo prima intraprendere una via politica dura. Anche nella politica ambientale esistono una via dura e una via morbida. Quest'ultima è la più facile: accetta la manipolazione privata delle decisioni produttive e cerca soltanto di tenerne a freno l'impatto ambientale; in queste condizioni, le grandi imprese industriali hanno invariabilmente scelto le tecnologie dure. La via dura è la più difficile: si scontrerebbe con la vera causa della degradazione ambientale, le decisioni che determinano la scelta delle tecnologie produttive, e porrebbe in discussione i centri di potere; ma questo indirizzo politico duro può spalancare la scelta tecnologica alla via ambientalista morbida» (rif. 5).

Commoner nota con preoccupazione come recentemente negli Stati Uniti le organizzazioni ambientaliste abbiano «optato per la via morbida del negoziato, del compromesso con le grandi imprese sulla quantità di inquinamento accettabile», cioè «sostenibile», ed aggiunge: «vi è il rischio che nel negoziare un compromesso le organizzazioni a difesa dell'ambiente diventino ostaggi del potere delle grosse società. [...] Può darsi per l'appunto che questo fenomeno si sia verificato nella National Wildlife Fede-

ration, pesantemente implicata in quello che il suo presidente definisce "dialogo responsabile con i capi delle grandi industrie": recentemente costui ha ammonito gli ambientalisti: "le nostre argomentazioni devono tradursi in profitti, guadagni, produttività e incentivi per l'industria"».
Commoner accenna ai «motivi che hanno portato i più alti dirigenti di industrie immensamente ricche a incontrarsi amichevolmente con i capi di organizzazioni ambientaliste perennemente alla ricerca di supporti finanziari».
Per lui la politica ambientale «morbida» non può portare ad uno sviluppo veramente sostenibile, perché l'obiettivo consiste nel cercare un equilibrio accettabile tra i costi e i profitti della riduzione dell'inquinamento e un simile approccio non tenta «di curare la malattia che affligge al contempo l'ambiente e l'economia, ma soltanto di alleviarne i sintomi».
Questa posizione vede il limite alla crescita legato ai flussi di energia in entrata e in uscita dal sistema Terra e fa riferimento, concettualmente, allo studio dello sviluppo e della evoluzione degli ecosistemi, la cosiddetta «successione ecologica», e alla termodinamica dei sistemi non in equilibrio, la teoria delle strutture dissipative.
L'obiettivo dello sviluppo negli ecosistemi è il conseguimento da parte delle comunità dello stato stazionario, detto «climax», in cui la produzione in un dato periodo, più ciò che è importato, è bilanciata dal consumo nello stesso periodo, più ciò che viene esportato, in una condizione di stabilità. Gli ecosistemi evolvono da uno stadio di colonizzazione da parte di alcune comunità verso lo stato stazionario.
«I principi dello sviluppo ecosistemico hanno un grosso peso nel rapporto uomo-natura, poiché la tendenza allo sviluppo nei sistemi naturali, che implica un aumento della struttura e della complessità per unità di flusso di energia (cioè una strategia della massima protezione), contrasta con quella dell'umanità, che tende ad ottenere il massimo della produzione (cercare di ottenere la resa più alta possibile). Pertanto, identificare le basi ecologiche del conflitto tra uomo e natura deve essere il primo passo per stabilire una politica razionale di gestione dell'ambiente» (rif. 7).
Si tratta quindi di favorire la transizione del sistema globale verso uno stato stazionario o equilibrio dinamico, come è stato chiamato da autori diversi con sfumature diverse, perché ostacolando l'uscita dalla fase di colonizzazione si impedisce l'aumento di complessità del sistema, che è fonte di stabilità. In particolare, chi, come gli esponenti dell'ecologia profonda e anche Goldsmith, accredita l'ipotesi che le comunità ricalchino nel loro sviluppo il susseguirsi di stadi di accrescimento degli organismi e che tendano ad un climax unico in una visione olistica dello sviluppo

dell'ecosistema, si affida alla termodinamica dei sistemi aperti non in equilibrio per poter attribuire all'ecosistema capacità di auto-organizzazione, altrimenti inspiegabili.
E' possibile individuare qui un secondo legame con il rapporto Meadows, che indicava proprio in una sorta di stato stazionario, chiamato equilibrio dinamico globale e definito in senso molto ampio, la condizione da perseguire, in alcune pagine molto belle e tutt'altro che superficiali, in seguito rinnegate dagli altri rapporti dello stesso Club di Roma.

Frenare l'entropia

Diversa ancora è la posizione degli economisti Georgescu Roegen e Rifkin, che formalizzano, a partire dal secondo principio della termodinamica, quanto deriva dalla domanda che, nel senso comune, potrebbe sorgere spontanea di fronte all'aggettivo «sostenibile»: per quanto tempo? Essi sostengono che lo stato stazionario non è raggiungibile in alcun modo, qualunque sia il flusso di energia dall'esterno, che il sistema Terra evolve irreversibilmente verso lo stato di massima entropia della materia e che pertanto il problema consiste unicamente nel rendere minima la velocità di avvicinamento allo stato finale di «caos della materia». Il nostro libero arbitrio consiste nell'accelerare o rallentare il processo entropico, ma non nel fermarlo, e la nostra responsabilità nei confronti delle generazioni future non può essere declinata, perché noi inevitabilmente «consumiamo materia» aumentando il disordine.
Contestando poi l'affermazione che in uno stato stazionario dell'economia potrebbero prosperare le attività intellettuali, artistiche e in genere di utilizzo del tempo libero, Georgescu Roegen sostiene che «lo stato più desiderabile non è quello stazionario, ma uno di declino». Come si può facilmente intuire, questa posizione viene interpretata spesso come inesorabilmente pessimista, come indicano anche queste parole di un bel libro di fisica di Peter W. Atkins, che si chiama *Il secondo principio*: «noi siamo i figli del caos e la struttura profonda di una trasformazione è costituita dal decadimento. Alla radice vi è solamente il degrado e l'inarrestabile ondata del caos: non vi è più un fine; tutto ciò che rimane è la direzione. Questa è la desolazione che dobbiamo accettare se guardiamo attentamente e con imparzialità nel cuore dell'Universo».
Anche all'interno del movimento ecologista è presente l'interpretazione pessimistica della «concezione entropica» del mondo, e tuttavia le si preferiscono interpretazioni più ottimiste, fondate sulla esportazione dell'entropia nell'ambiente esterno (la teoria delle strutture dissipative), in qualche

caso anche troppo disinvoltamente ottimiste, come nel caso dell'«ipotesi Gaia» di Jim Lovelock. Invece Jeremy Rifkin evidenzia che «vi è una grande bellezza nella legge dell'entropia. Essa ci guida attraverso il palcoscenico del cosmo con un'autorità severa e dolce allo stesso tempo, dandoci la certezza del destino ultimo che ci sta di fronte, ma lasciando a noi la decisione del modo di procedere. [...] La legge dell'entropia ci rivela una semplice verità e cioè che ogni singolo atto compiuto nel mondo subisce l'effetto di ogni cosa che lo ha preceduto, così come, a sua volta, esso influenzerà ogni cosa che lo seguirà. Quindi, ciascuno di noi costituisce un elemento di continuità, rappresentando con la sua presenza tutto ciò che l'ha preceduto e con il proprio divenire tutte le possibilità di ciò che verrà in seguito. [...] Solo quando impareremo ad accettare la natura finita del mondo, potremo cominciare a renderci conto di quanto sia prezioso in realtà questo dono chiamato Terra. Solo allora ogni evento assumerà un significato particolare e la vita stessa diventerà qualcosa di degno da apprezzare e da conservare. [...] Conservare nel modo migliore possibile la dotazione limitata di risorse che ci è stata lasciata e rispettare nel modo migliore il ritmo naturale che governa il processo del divenire significa esprimere il nostro amore supremo per ogni forma di vita che ci ha preceduti e per ogni forma di vita che seguirà. Essere consapevoli di questa duplice responsabilità costituisce il primo stadio verso la trasformazione da un sistema di colonizzazione a un sistema climax. Noi siamo i custodi del mondo» (rif. 8).

Nuovi paradigmi scientifici

Queste, che fanno riferimento alle teorie scientifiche della termodinamica dei sistemi non in equilibrio e della legge di crescita dell'entropia, sono concezioni del «sistema Terra» emergenti negli anni '80 all'interno del movimento verde. Esse si differenziano dalla visione che sta alla base dello «sviluppo sostenibile» soprattutto perché si contrappongono al rapporto uomo-natura sviluppatosi con l'affermarsi dell'attuale concezione della scienza. Dalla letteratura del movimento verde, per mezzo dei singoli riferimenti a teorie e ad argomenti scientifici o per dichiarazione esplicita, emerge chiaramente la ricerca di una nuova forma di civiltà e di cultura, con un nuovo, più stretto, rapporto tra uomo e natura e con paradigmi scientifici diversi da quelli dominanti.

«La questione del rapporto uomo-natura è di nuovo al centro delle tensioni: a livello economico essa assume l'aspetto del problema della limitatezza delle risorse; a livello sociale si agita nella crescente insofferenza per

le condizioni di invivibilità delle grandi aree urbane e industrializzate; a livello culturale essa si presenta nella ricerca di un nuovo equilibrio tra la dimensione sociale e quella biologica dell'uomo; a livello scientifico, infine, si manifesta nella crisi del riduzionismo meccanicistico proprio della scienza classica» (rif. 6).

Il dibattito interno al movimento ecologista viene perciò in contatto con una riflessione in atto nel mondo della scienza sul metodo scientifico e la sua efficacia nello studio dei fenomeni della natura. E questa ricerca di ridefinizione culturale rappresenta un terzo legame con il rapporto *I limiti dello sviluppo*, assieme all'approccio olistico ed alla critica dell'attuale tipologia di sviluppo.

In questo quadro si inserisce il riferimento frequente alla termodinamica, che per prima, nel corso del secolo scorso, all'interno della fisica ha messo in discussione sotto vari aspetti la concezione del mondo derivata dalle leggi della meccanica, il cosiddetto paradigma meccanicistico riduzionista, che si può riassumere in alcune caratteristiche:

- ☐ la misurabilità della realtà e la sua riconducibilità a leggi matematiche;
- ☐ l'utilità della scomposizione in parti più semplici ai fini dello studio della complessità della natura;
- ☐ l'oggettività e la neutralità della conoscenza umana;
- ☐ il dominio della natura da parte dell'uomo e la conseguente idea di continuo progresso.

Questa concezione ha generato la scienza moderna portando a risultati formidabili, sacrificando però progressivamente l'interconnessione tra le diverse discipline del sapere, soprattutto tra cultura scientifica e cultura umanistica, ed il rapporto organico tra l'uomo e la natura. «Per gli antichi la natura era una fonte di saggezza. La natura medievale parlava di Dio. Nei tempi moderni la natura è divenuta così silenziosa che Kant pensò che scienza e saggezza, che scienza e verità, dovessero essere completamente separate. Abbiamo vissuto con questa dicotomia nel corso degli ultimi due secoli. E' tempo che essa giunga alla fine. Per quanto concerne la scienza pare che sia giunto il momento perché ciò accada. [...] Una prima tappa verso una possibile riunificazione della conoscenza è stata la scoperta, nel corso del XIX secolo, della teoria del calore, delle leggi della termodinamica. Nella nostra attuale prospettiva la termodinamica appare dunque come la prima "scienza della complessità"» (rif. 9).

La termodinamica ha consentito di affrontare problemi non spiegabili con le leggi della meccanica, come i cambiamenti di stato della materia e i flussi di calore, e, a cominciare dal riconoscimento della irreversibilità delle trasformazioni fisiche, si è proposta come strumento migliore per lo stu-

dio dei fenomeni biologici, come la crescita degli organismi, la stabilità degli ecosistemi, l'evoluzione della vita.

La forza del disordine

Il secondo principio della termodinamica, in una delle sue formulazioni, dice che nella trasformazione dell'energia (che per il primo principio è costante, cioè non può essere creata né distrutta) in un sistema isolato si verifica sempre una diminuzione dell'energia disponibile per creare lavoro. Poiché l'entropia è definita come misura della quantità di energia che non si può più convertire in lavoro, si dice anche che l'entropia tende sempre verso il massimo ed il sistema tende allo stato di equilibrio in cui non c'è alcuna differenza fra i livelli energetici delle varie parti. Associando alla concentrazione l'idea dell'ordine ed alla dispersione quella del disordine, si dice anche che in un sistema isolato il disordine aumenta sempre di più, perché lo stato di massimo disordine è statisticamente il più probabile.
Se questo è vero per i sistemi isolati, che non scambiano né energia né materia con l'ambiente esterno, nel caso di sistemi chiusi (come la Terra), che scambiano solo energia, e di quelli aperti (come gli organismi viventi), che scambiano sia energia che materia, vale qualcosa di analogo: la variazione di entropia è data dalla somma tra il flusso di entropia proveniente dall'ambiente esterno (entropia negativa o neg-entropia) e la produzione di entropia del sistema stesso (sempre positiva per convenzione, comunque monotòna). La produzione di entropia è poi data dalla differenza tra il flusso di entropia entrante ed il flusso di entropia uscente dal sistema.
La Terra è un sistema che si può ritenere chiuso, con il flusso di entropia entrante costituito dalla radiazione solare, il flusso di energia degradato costituito dalla radiazione infrarossa emessa e la produzione di entropia è utilizzata per mantenere in vita l'insieme dei sistemi naturali, la biosfera.
La concezione entropica di Georgescu Roegen si basa sull'osservazione che anche la materia, come l'energia, pur conservandosi, diventa indisponibile con l'utilizzo a causa dell'attrito, dell'erosione, dell'ossidazione e questo è decisivo per i sistemi chiusi, perché non si può trasformare l'energia in materia. Contestando quello che chiama il «dogma energetico», comunemente accettato, secondo cui disponendo di sufficiente energia è possibile riciclare tutta la materia, egli introduce un principio della termodinamica riguardante la materia, in tutto simile al secondo, se non per l'impossibilità di misurare l'entropia della materia, che non è uniforme.

Strutture dissipative

Se la termodinamica dei sistemi isolati o in equilibrio rimane la prima risposta data dalla fisica al problema della complessità della natura, dobbiamo notare che il nostro universo non è in equilibrio e, al suo interno, la Terra è un sistema chiuso anch'esso lontano dall'equilibrio perché temperatura, pressione ed altre caratteristiche non sono uniformi. «Nel mondo che conosciamo, l'equilibrio è uno stato raro e precario e la stessa evoluzione verso l'equilibrio implica un mondo abbastanza lontano dal sole perché l'isolamento di un sistema parziale sia concepibile [...], ma in cui il non-equilibrio sia la regola: un mondo "tiepido" in cui equilibrio e non-equilibrio coesistono».
Secondo la teoria di Prigogine, nelle condizioni vicine all'equilibrio, in cui esiste una relazione lineare tra le velocità dei processi irreversibili («flussi») e le «forze generalizzate» che li provocano, un sistema evolve verso uno stato stazionario in cui è minima la produzione di entropia, compatibilmente con le condizioni imposte al sistema. Il sistema tende allo stato stazionario di minima produzione di entropia proprio come un sistema isolato tende al massimo dell'entropia, e se le condizioni al limite non consentono al sistema di raggiungere l'equilibrio esso tende allo stato stazionario più vicino possibile all'equilibrio, trasferendo entropia nell'ambiente esterno. In tutto il processo le reazioni al cambiamento delle condizioni al contorno sono prevedibili e dunque si conosce a priori l'evoluzione del sistema, ma quando il sistema passa dalla regione «lineare» a quella in cui i flussi e le forze non sono più legati da equazioni lineari ciò non è più vero. Il sistema, lontano dall'equilibrio, può ancora evolversi verso qualche stato stazionario, ma questo può essere instabile, cioè può reagire alle perturbazioni, chiamate «fluttuazioni», dando luogo, in un momento ed in una maniera imprevedibili, a processi di auto-organizzazione. In questi casi il sistema non tende alla situazione di massimo disordine, ma anzi crea talvolta strutture straordinariamente complesse, chiamate strutture dissipative, perché la dissipazione di materia ed energia è all'origine della formazione di tali strutture.
E' il caso del passaggio di un fluido dalla conduzione alla convezione per effetto del riscaldamento della piastra su cui giace il recipiente. Ed è il caso delle reazioni chimiche catalitiche o autocatalitiche, cioè dove la reazione avviene per effetto della presenza di un'altra sostanza, che nel secondo caso è un prodotto della stessa reazione. Questi fenomeni sono governati dallo stesso tipo di equazioni matematiche, equazioni differenziali non lineari, ed i sistemi in cui avvengono hanno caratteristiche comuni: sono sistemi non isolati e possono mantenere la loro organizzazione

proprio grazie alla energia ed alla materia ricevuta dall'ambiente esterno, e si trovano in condizioni lontane dall'equilibrio termodinamico.
Anche gli esseri viventi hanno le stesse caratteristiche e ciò fa pensare che gli stessi meccanismi che generano le strutture dissipative possano aver avuto un ruolo importante nella comparsa della vita sulla Terra e lo abbiano tuttora nello sviluppo degli organismi viventi, delle loro comunità, degli ecosistemi.

Quale scienza, quale futuro?

Le teorie termodinamiche dunque si prestano favorevolmente all'interpretazione di fenomeni complessi, di fronte ai quali le leggi della meccanica sono inadeguate, e risultano particolarmente attraenti per lo studio dei processi legati all'evoluzione della vita, all'organizzazione dei sistemi naturali e di quelli sociali. Questo avviene, necessariamente, attraverso nuove ipotesi, generalizzazioni ed estensioni delle teorie in campi diversi da quelli in cui è comunemente riconosciuta la loro validità, spesso con dimostrazioni non convincenti o con un utilizzo che ai più sembra spregiudicato delle conoscenze matematiche attuali.
La legge di crescita dell'entropia viene utilizzata, attraverso la particolare attenzione alla componente «materia», non solo per l'analisi dei processi economici, ma anche, arditamente, per spiegare tutti gli aspetti della crisi attuale: dell'economia, dell'agricoltura, dei trasporti, e ancora l'urbanizzazione, la corsa agli armamenti, l'inquinamento, perfino le disfunzioni dei sistemi sanitario e scolastico.
La teoria delle strutture dissipative esce dai confini della chimica e della fisica e viene applicata dal suo stesso ideatore, il premio Nobel per la chimica Ilya Prigogine, ai sistemi biologici, ecologici, sociali. La non prevedibilità del comportamento del sistema nei punti di discontinuità, anche in conseguenza di sollecitazioni normali, cioè tante volte verificatesi con ritorno del sistema al suo stato stazionario, con possibile auto-organizzazione di strutture complesse o con altrettanto possibili «catastrofi», fonda rispettivamente la speranza che il sistema Terra non vada irreversibilmente verso il «caos della materia» ed il timore che l'accentuarsi di qualche forma di degrado (come l'effetto serra o il buco di ozono) non si risolva in una ennesima fluttuazione ma si amplifichi in modo decisivo.
Il mondo della ricerca scientifica guarda con diffidenza a questi tentativi, che, a loro volta, contestano i fondamenti stessi del metodo scientifico attuale, affermatisi a partire da Bacone, Galileo, Cartesio, Newton, che ha influenzato tutte le discipline ed ha informato di sé la nostra organizzazione economica e sociale.
Se i rappresentanti del movimento ecologista continueranno a seguire da vicino gli sviluppi della ricerca scientifica senza indulgere ad interpretazioni semplicistiche, potranno contribuire in modo determinante alla soluzione dei problemi globali cui ho accennato. Se alcune di queste ipotesi si affermeranno e contribuiranno a realizzare un «mondo sostenibile», se questa «sostenibilità» si raggiungerà grazie alle correzioni di rotta dettate dalla nostra concezione attuale o ad una rifondazione culturale o se comunque non si raggiungerà affatto lo si vedrà solo alla fine. ■

Riferimenti bibliografici

1. *Il futuro di noi tutti*, rapporto della Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo, Bompiani, Milano 1987.
2. *State of the world*, rapporto sul nostro pianeta del Worldwatch Institute, ISEDI, Milano 1988, 1990.
3. *Le scienze*, numero monografico, novembre 1989.
4. Edward Goldsmith e Nicholas Hildyard, *Rapporto terra*, Gremese, Roma, 1988.
5. Barry Commoner, *Il cerchio da chiudere*, Garzanti, Milano 1986.
6. *La cultura dei verdi*, a cura di Arturo Russo e Gianni Silvestrini, Angeli, Milano 1987.
7. Eugene P. Odum, *Basi di ecologia*, Piccin, Padova, 1983.
8. Jeremy Rifkin, *Entropia. La fondamentale legge della natura da cui dipende la qualità della vita*, Mondadori, Milano 1982.
9. Ilya Prigogine e Isabelle Stengers, *La nuova alleanza*, Einaudi, Torino 1981.

In realtà nessun io, nemmeno il più ingenuo, è un'unità, bensì un mondo molto vario, un piccolo cielo stellato, un caos di forme, di gradi e situazioni, di eredità e possibilità. Che ciascuno tenda a prendere questo caos per un'unità e parli del suo io come fosse un fenomeno semplice, ben fissato e delineato: questa illusione ovvia ad ogni uomo (anche al più elevato) sembra una necessità, un'esigenza di vita come il respiro e il nutrimento.

Hermann Hesse, Il lupo della steppa