



La scienza moderna e l'unità della natura: dall'alchimia all'ecologia

Marco Ciardi*

Negli ultimi decenni del Settecento si aprì un grande dibattito sulla riforma della storia naturale.¹ L'insegnamento della storia naturale, introdotto a livello universitario da Ulisse Aldrovandi all'Università di Bologna nella seconda metà del Cinquecento, comprendeva discipline come la chimica, la mineralogia, la geologia, la botanica, l'anatomia comparata, e così via. A sua volta, la storia naturale non era una materia totalmente autonoma, perché veniva concepita come introduzione allo studio della medicina, uno dei tre grandi corsi di laurea in Europa fino alla fine del Settecento, insieme a teologia e legge.

Durante l'età dei Lumi, e in particolare a Parigi, in molti cominciarono a pensare che la storia naturale dovesse trasformarsi in una serie di nuove scienze autonome, fondate su procedimenti di ricerca rigorosi e criteri epistemologici ispirati sia ai principi della matematica e della geometria, sia ad una visione meccanicistica del mondo. L'approccio del meccanicismo allo studio dei fenomeni naturali era sostanzialmente di tipo analitico e privilegiava la ricerca degli elementi specifici a fondamento di una particolare disciplina. Secondo d'Alembert, i procedimenti analitici erano particolarmente utili nel campo delle scienze sperimentali, ovvero quando i principi primi di una scienza potevano essere individuati soltanto partendo dall'analisi delle proprietà

* Docente di Storia del pensiero scientifico, Dipartimento di Filosofia, Università di Bologna.

macroscopiche delle sostanze. Raccogliendo i dati dell'esperienza in maniera ordinata era così possibile "disporli nell'ordine più naturale" e "ricondurli ad un certo numero di fatti principali" rispetto ai quali tutti gli altri apparivano "come conseguenze".²

Una decisiva applicazione del metodo analitico alla riforma della storia naturale venne effettuata da Antoine-Laurent Lavoisier. La propensione a trattare le questioni chimiche con metodi e strumenti puramente fisici e matematici consentì a Lavoisier di sfruttare in modo rivoluzionario le nuove scoperte nel campo della chimica pneumatica,³ creando la chimica moderna e un nuovo concetto di elemento, fondato proprio sull'uso del metodo analitico: "Mi limiterò dunque a dire che se col nome di elementi intendiamo designare le molecole semplici ed indivisibili che compongono i corpi è probabile che non li conosciamo. Invece se colleghiamo al nome elementi o principi l'idea del termine ultimo al quale perviene l'analisi, tutte le sostanze che non abbiamo ancora potuto scomporre sono per noi elementi; non perché possiamo assicurare che questi corpi che consideriamo semplici non siano essi stessi composti di due o persino di un più grande numero di principi, ma perché questi principi non si separano mai, o piuttosto perché non abbiamo alcun mezzo per separarli. Agiscono nei nostri confronti alla maniera dei corpi semplici e non dobbiamo supporli composti che al momento in cui l'esperienza e l'osservazione ci avranno fornito la prova che sono composti".⁴

Nonostante gli indubbi successi del meccanicismo tra la fine del Seicento e l'inizio del Settecento, la storia naturale era rimasta ancorata a tradizioni di ricerca molto diverse. La visione della materia dei chimici, in particolare, aveva continuato a basarsi sui quattro elementi di Aristotele e sui *tria prima* di Paracelso, che assumevano ruoli e caratteristiche diverse a seconda della teoria di riferimento.⁵ Obiettivo del chimico era quello di cercare di ricondurre, durante le proprie operazioni di laboratorio, le sostanze complesse a tali elementi o principi. Guillaume-François Rouelle, i cui corsi a Parigi furono seguiti da personaggi del calibro di Rousseau, d'Holbach e Diderot, oltre che da Lavoisier, trattava senza alcun problema all'interno delle sue lezioni della pietra filosofale e dell'elisir di lunga vita, ovvero delle tematiche più caratteristiche del sapere alchemico.

Com'è noto, i protagonisti della rivoluzione scientifica nel Seicento furono pressoché concordi nel denunciare i rischi presenti

nella valorizzazione dell'immagine di un sapere segreto, intuitivo, occulto, profetico, riservato soltanto ad eletti e iniziati, ed i pericoli (fra cui la propensione al fanatismo e all'entusiasmo),⁶ insiti nell'utilizzazione di linguaggi ambigui ed oscuri, costruiti talvolta intenzionalmente per ostacolare la comprensione e proteggere l'accesso alla conoscenza. Fra questi linguaggi, caratteristici dell'ermetismo, della cabala, dell'astrologia e delle pratiche magiche in generale, quello dell'alchimia destava una preoccupazione certamente non di poco conto. Lungi dall'essere una controversia marginale, la polemica contro l'alchimia riguardò direttamente la scelta fra due modi alternativi di concepire l'accesso alla conoscenza e fu affrontata senza indugio (seppur con strategie diversificate) nell'età della Rivoluzione scientifica.

Tuttavia, una volta chiarito questo punto, è bene non dimenticare l'esistenza di una serie di stretti legami fra alcune tradizioni di ricerca presenti nella scienza moderna e gli oggetti di studio caratteristici della tradizione magica ed ermetica. Legami che non riguardano esclusivamente i contenuti delle ricerche, ma anche un modo più generale di guardare all'immagine della natura, strettamente legato ai concetti di unità, di armonia e di organicità. Questo punto è stato chiaramente compreso da Wolfgang Pauli, in uno straordinario saggio del 1952, che anticipa molti dei temi che saranno al centro del dibattito storiografico degli anni '60 e '70 del Novecento: "Per noi moderni, tornare alla concezione arcaica, la cui unità e coerenza interna veniva pagata al prezzo di un'ingenua ignoranza sulla natura, è ovviamente fuori discussione. Tuttavia, proprio il desiderio di una maggior coesione nella nostra visione del mondo ci spinge a riconoscere l'importanza degli stadi prescientifici della conoscenza per la genesi delle idee scientifiche".⁷

Nel corso del Seicento, la filosofia meccanica, o meccanicismo, si era venuta costruendo intorno ad un principio fondamentale: la distinzione fra qualità oggettive e qualità soggettive dei corpi. Le qualità soggettive erano rappresentate dai colori, i suoni, i sapori, gli odori. Le qualità oggettive, invece, avevano a che fare con una realtà totalmente diversa, inaccessibile agli organi di senso, e costituivano le proprietà fondamentali della materia; tali qualità erano la dimensione, la forma e lo stato di movimento delle particelle prime, ovvero gli atomi.

Secondo i principi della filosofia meccanica, la reazione tra una

sostanza acida ed una alcalina, ad esempio, poteva essere spiegata semplicemente ammettendo che le particelle degli alcali fossero dotate di pori, i quali permettevano la penetrazione delle particelle degli acidi, dotate di spigoli ed estremità acute. La neutralizzazione, dunque, era il risultato di particolari e determinati rapporti fra le misure dei pori degli alcali e le asperità degli acidi. Newton, al contrario, introducendo l'idea di forze che regolavano i fenomeni microscopici della natura, spostò la questione da un piano geometrico ad un piano dinamico. Le combinazioni diventavano una questione di maggiore o minore affinità tra le sostanze.

L'idea che le reazioni chimiche non potessero essere spiegate soltanto sulla base di scontri fra corpuscoli rivela il forte debito di Newton nei confronti della tradizione alchemica.⁸ Secondo Newton, il meccanicismo non era sufficiente a spiegare l'incredibile varietà dei fenomeni naturali e, in modo particolare, i processi relativi al mondo organico, quali la generazione, la fermentazione o la putrefazione. Nello *Scholium generale*, con il quale si chiudeva la seconda edizione dei *Principia* (1713), Newton ipotizzò l'esistenza di una sostanza molto simile all'aria, ma assai più sottile (attraverso la quale potessero esercitarsi le forze a livello microscopico, sia in ambito inorganico che organico), grazie alle quale era possibile spiegare in maniera unitaria il comportamento di tutti i fenomeni naturali: "Ora sarebbe lecito aggiungere qualcosa circa quello spirito sottilissimo che pervade i corpi grossi e che in essi si nasconde, mediante la forza e le azioni del quale le particelle dei corpi a distanze minime si attraggono mutuamente; i corpi elettrici agiscono a maggiori distanze, tanto respingendo quanto attraendo i corpuscoli vicini; la luce viene emessa, riflessa, rifratta, inflessa e riscalda i corpi; tutta la sensazione è eccitata e le membra degli animali si muovono a volontà, ossia, mediante le vibrazioni di questo spirito, si propaga, attraverso i filamenti solidi dei nervi, dagli organi esterni dei sensi al cervello e dal cervello ai muscoli".⁹ Newton, tuttavia, affermò in maniera precisa (ed è questo il punto fondamentale di distinzione con il sapere magico ed ermetico), che le forze attive a cui si riferiva erano altra cosa rispetto alle qualità occulte che tanto spazio avevano avuto nelle filosofie della natura rinascimentali.¹⁰

Che la nuova scienza dovesse andare oltre il meccanicismo era stato detto chiaramente, prima di Newton, da Lorenzo Magalotti, il segretario della celebre Accademia del Cimento.¹¹ La nuova

scienza, infatti, pur avendo come punto costante ed imprescindibile l'opera di Galileo, doveva confrontarsi con una incredibile e straordinaria ricchezza di fenomeni naturali, non sempre ed immediatamente riconducibili all'esattezza del metodo geometrico e della matematica.¹² Anche in questa luce va sicuramente letto il più volte citato passo dal *Proemio* dei *Saggi di naturali esperienze*: "Or questo è appunto quello che l'anima va tentando nell'investigazione delle naturali cose, e a ciò bisogna confessare che non v'ha miglior mano di quella della geometria, la quale dando alla bella prima nel vero, ne libera in un subito da ogn'altro più incerto e faticoso rintracciamento. Il fatto è ch'ella ci conduce un pezzo innanzi nel cammino delle filosofiche speculazioni, ma poi ella ci abbandona in sul bello".¹³

Le idee di Magalotti erano perfettamente in linea con quelle immagini della scienza che, ispirandosi anche alle concezioni filosofiche di Francis Bacon, concepivano la natura come un complesso labirinto. Un labirinto nel quale ci si poteva orientare non attraverso la guida delle scienze esatte, che risultavano impotenti di fronte ad una tale complessità, ma soltanto grazie all'ausilio della ricerca sperimentale, e soprattutto basandosi sull'idea dell'unità dei fenomeni naturali; un tema, questo, che continuò ad essere ben presente all'interno della filosofia naturale del Settecento, come si evince dall'aforisma XLV dell'opera dal titolo *De l'interprétation de la nature* (1753), una delle migliori produzioni di Denis Diderot: "Quando la fisica sperimentale sarà più progredita, si riconoscerà che tutti i fenomeni, della gravitazione o dell'elasticità, dell'attrazione o del magnetismo o dell'elettricità, non sono altro che aspetti differenti della stessa affezione. (...) Non è impossibile in natura, come è invece impossibile in matematica, il caso singolare in cui la fisica sperimentale a forza di fatiche, arrivi a formare un labirinto nel quale la fisica razionale, smarrita e perduta, si aggirerebbe senza tregua".¹⁴

Lo scetticismo iniziale nei confronti del nuovo sistema di Lavoisier, non a caso, riguarderà anche questo specifico punto. La chimica non poteva distaccarsi dalla filosofia e dalla storia naturale. La sfiducia di poter quantificare fenomeni complessi come quelli chimici (come aveva dimostrato, tra l'altro, il sostanziale fallimento delle tavole di affinità chimica), lasciava i filosofi naturali perplessi di fronte alla proposta teorica del chimico francese. Lavoisier, al contrario, aveva perfettamente capito che se si vole-

va procedere sulla strada cara ai filosofi naturali settecenteschi, era prima necessario giungere, attraverso la riforma della storia naturale, alla costituzione di una serie di discipline autonome ed indipendenti le une dalle altre, dotate di una struttura quantitativa e non qualitativa. Solo allora la scienza avrebbe potuto riprendere (come effettivamente avvenne), il cammino verso l'ambizioso tentativo di unificare le forze fondamentali della natura, come ad esempio quelle chimiche e quelle elettriche.

Alcuni scienziati compresero che questa era la direzione giusta per lo sviluppo della scienza. La riforma della storia naturale, attraverso l'applicazione del metodo analitico era un punto di passaggio obbligato. Obiettivo prioritario della scienza, tuttavia, restava sempre la definizione dell'unità dei fenomeni naturali.

L'avvento della nuova chimica consentì ad esempio a Lazzaro Spallanzani di tornare a studiare una questione di difficile risoluzione, abbandonata negli anni '70 del XVIII secolo per la mancanza di strumenti interpretativi idonei: il meccanismo della respirazione. Per Spallanzani le indagini sul ruolo dell'aria negli organismi rientravano in un progetto complessivo di analisi dei fenomeni appartenenti ai tre regni della natura, ed avevano uno stretto collegamento con i problemi della generazione e della riproduzione.¹⁵

All'inizio degli anni '90, Spallanzani sentì di aver in mano la chiave per completare il grande progetto di analisi delle relazioni tra i diversi fenomeni naturali, come è delineato in una lettera scritta da Pavia il 12 aprile 1797 a George Toscan, bibliotecario del Museo di Storia naturale di Parigi: "La circolazione del sangue, la generazione, la digestione, sono stati tre soggetti, che mi hanno per l'addietro non poco occupato, come apparisce dai libri da me pubblicati. La respirazione degli animali, a farvi la confidenza, è un nuovo soggetto, che da qualche tempo ha fissato la mia attenzione, e questo soggetto fa un diversivo al divisato viaggio di Costantinopoli. Prima della moderna chimica poco si sapeva di questa interessantissima funzione animale. Li sicuri schiarimenti che ora abbiamo di essa li dobbiam tutti alla sagacità, e al sapere dell'immortale Lavoisier, e de' suoi illustri seguaci, che hanno fatto una felice rivoluzione in questa scienza. Diretto dai luminosi loro principi sonomi ingegnato di dar qualche passo più avanti di essi. Lavoisier ha esaminato chimicamente i fenomeni della respirazione dell'uomo, e al certo si è questo l'essere ani-

mato che più dee interessare la curiosità dell'investigatore della natura. Io formato mi sono un piano più esteso, con l'esame di diversi individui delle note sei classi di animali".¹⁶

Gli studi di Lavoisier si erano rivelati fondamentali, ma Spallanzani ambiva a realizzare un "piano più esteso" e ad andare "qualche passo più avanti di essi". Lavoisier, che aveva iniziato ad occuparsi di respirazione animale nel 1776, aveva ripreso in mano la questione nel 1791, realizzando una serie di esperimenti, in collaborazione con il giovane assistente Armand Séguin, direttamente sull'uomo, al fine di comprendere le relazioni tra respirazione, digestione, temperatura e alimentazione. Le indagini di Lavoisier, che giungeva all'interpretazione di un fenomeno vitale grazie all'uso della nuova chimica, si rivelarono determinanti per lo sviluppo degli studi sulla respirazione. Questa funzione, infatti, veniva interpretata come una combustione lenta (che avveniva all'interno dei polmoni), in cui si consumava ossigeno e si formava anidride carbonica con sviluppo di calore.

Spallanzani, che proprio in questi anni stava riflettendo sull'importanza della nuova chimica come strumento per porre ordine all'interno dei complessi e caotici linguaggi della storia naturale, non ebbe dubbi sul fatto che la teoria di Lavoisier potesse risultare utile per comprendere una funzione che fino ad allora era sfuggita alle analisi degli scienziati. Spallanzani morì a Scandiano l'11 febbraio del 1799, e non riuscì a pubblicare tutti i risultati accumulati negli ultimi anni della sua carriera, che poi furono raccolti grazie all'iniziativa del nipote Gian Battista,¹⁷ e del fidato amico Senebier.¹⁸ Tuttavia un lavoro a stampa, edito direttamente da Spallanzani prima della morte, resta a testimonianza delle ricerche condotte sulla respirazione, anche se non riguarda quella animale, ma quella vegetale. Si tratta della *Lettera al sig. Gian-Antonio Giobert celebre chimico sopra le piante chiuse ne' vasi dentro l'acqua, e l'aria, ed esposte all'immediato lume solare, all'ombra*, scritta a Pavia, il 19 giugno 1798.

Più che per i risultati a cui giunge, questa memoria ha un'importanza straordinaria per le prospettive che apre, in relazione agli sviluppi della ricerca del primo Ottocento. Spallanzani fu infatti uno tra i primi scienziati a comprendere che la nuova chimica non rappresentava un punto di arrivo e di sistemazione definitiva, ma uno straordinario trampolino di lancio per le scienze naturali, fino ad allora ingabbiate nella rete concettuale di coloro

che l'abate di Scandiano definiva, in modo dispregiativo, i "sistematici".¹⁹ La nuova chimica, infatti, non era un semplice sistema di classificazione, ma costituiva un formidabile strumento per indagare da un punto di vista quantitativo (ed era questa la grande novità) le relazioni e le trasformazioni dei fenomeni naturali, che risultavano inequivocabilmente legati fra loro.

Nella lettera a Giobert, Spallanzani, dopo aver meditato a lungo sul fenomeno della respirazione animale, cercò di interrogarsi su quale potesse essere la principale fonte di produzione dell'ossigeno che incessantemente veniva consumato in natura. Naturalmente Spallanzani conosceva gli studi di Jan Ingen-Housz e, in particolare, gli *Experiments on Vegetables* del 1779 (che furono tradotti in francese l'anno successivo), in cui veniva presentato il primo sistematico resoconto dell'influenza della luce solare nella produzione dell'ossigeno da parte della materia verde, ovvero del processo di fotosintesi, anche se queste ricerche, è bene ricordarlo, erano state prodotte all'interno di una chimica prelavoisieriana. Così come aveva ben presenti gli studi sull'argomento condotti proprio dall'amico Senebier, a partire da *Action de la lumière solaire dans la végétation*, anch'esso del 1779. Ora, la direzione della sua ricerca andava a toccare una questione non meno importante, ovvero il ruolo delle acque nella decomposizione dell'anidride carbonica: "Voi ben sapete essere sentimento di più Fisici, che non solo le piante, ma sì ancora le acque, che in parte coprono il Globo, concorrano alla purificazione dell'aria atmosferica, scomponendone l'acido carbonico, che incessantemente assorbon da lei. Questo Soggetto egualmente curioso, ed egualmente notevole, che il già proposto, non essendo stato, ch'io sappia, discusso per nessuna prova diretta, mi ha invogliato per la grande somiglianza coll'altro a sperimentalmente esaminarlo, e quindi la mia Memoria sarà accompagnata da una seconda intitolata: *Se le acque del Globo decompongano l'acido carbonico, che ricevono dall'atmosfera*".²⁰

Il tema dell'unità dei fenomeni naturali e delle loro relazioni, a dispetto degli enormi progressi della chimica e della fisica in senso strettamente analitico e specialistico, costituirà una delle grandi prospettive di ricerca della scienza del XIX secolo e aprirà la strada, da una parte alla comprensione globale dei cicli degli elementi di base della biochimica (una comprensione che troverà una delle sue grandi espressioni nell'*Essai de statique chimique*

des êtres organisés, edito nel 1841 da Jean-Baptiste Dumas), dall'altra alla nascita dell'ecologia come disciplina scientifica.²¹

Fra i grandi protagonisti della ricerca scientifica del primo Ottocento, sarà forse Alexander von Humboldt colui che, più degli altri, raccoglierà l'eredità di Spallanzani, progettando di realizzare un grandioso quadro di descrizione e comprensione dei fenomeni naturali e delle loro relazioni, da concretizzarsi anche attraverso l'uso del viaggio scientifico, di cui il naturalista tedesco fu sicuramente uno dei grandi interpreti, così come Spallanzani lo era stato nel secolo dei Lumi.

Geografo e naturalista tedesco, nato a Potsdam nel 1769, von Humboldt fu sicuramente una delle personalità più interessanti e complesse della scienza ottocentesca. Si occupò di botanica, geologia, magnetismo, elettricità animale, evoluzione biologica, meteorologia. Quando arrivò a Parigi, nella primavera del 1798, godeva già di una buona notorietà e non faticò ad inserirsi negli ambienti scientifici della capitale francese, pubblicando anche numerosi contributi su importanti riviste, in particolar modo sul "Journal de Physique" di Delamétherie. Fallito il tentativo di partire al seguito della spedizione del capitano Baudin, riuscì quindi ad organizzare un viaggio scientifico che lo condusse, tra il 1799 ed il 1804, in Colombia, nel Venezuela, nella Guiana, a Cuba, Cartagena e nella Cordigliera andina fino a Quito. Accanto a lui c'era Aimé-Jacques-Alexandre-Bonpland, un altro cultore di scienze naturali, conosciuto al tempo dei preparativi per la missione Baudin. L'impresa fornì straordinari contributi alla zoologia, alla botanica (Humboldt raccolse circa 60.000 esemplari, ed oltre 6.000 risultarono sconosciuti), alla geologia, alla meteorologia, alla biogeografia, disciplina di cui il tedesco è considerato uno dei fondatori, all'etnografia e alla storia politica. I risultati della spedizione dettero vita alla monumentale edizione del *Voyage aux Régions Equinoxiales du Nouveau Continent*, fra cui la celebre *Rélation Historique* (1814-1825), nella quale lo scienziato tedesco delineava in maniera chiara e precisa la sua immagine della scienza e, più in generale, gli obiettivi del sapere scientifico: "Amavo appassionatamente la botanica e qualche parte della zoologia; potevo lusingarmi all'idea che le nostre ricerche avrebbero aggiunto nuove specie a quelle che sono state finora descritte; ma, poiché ho sempre preferito alla conoscenza di fatti isolati, ancorché nuovi, quella della concatenazione tra fatti noti da

tempo, la scoperta di una specie vegetale sconosciuta mi è parsa meno interessante di una osservazione sui rapporti geografici tra i vegetali (...). Le scienze fisiche sono strette tra loro dagli stessi legami che unificano tutti i fenomeni della natura. (...) Il grande problema della fisica del mondo è determinare (...) gli eterni legami che congiungono i fenomeni della vita a quelli della natura inanimata".²²

Mentre Humboldt andava scrivendo queste cose, la rivoluzione nella concezione dei tempi della storia della terra e dell'universo, che aveva già portato già Buffon e Kant ad esprimersi nei termini di 'milioni di anni' per riferirsi all'età del mondo,²³ si stava rivelando fondamentale per la comprensione di quali fossero le relazioni tra gli esseri appartenenti ai tre regni della natura (uomo incluso) e la natura stessa, aprendo la strada alla teoria dell'evoluzione nei termini in cui l'avrebbe formulata Darwin, e alla nascita dell'ecologia come disciplina scientifica. Giulio Barsanti ha colto chiaramente questo punto, individuando in Lamarck il primo ad utilizzare un approccio "ecologico" nei confronti dello studio della natura: "Quanto ai rapporti di ciascuna 'razza' con le altre e con il proprio ambiente, Lamarck li concepisce come rapporti causali di influenza reciproca, ed è mediante questa nuova impostazione 'ecologica' che egli giunge a formulare la prima teoria scientifica dell'evoluzione, passibile di controllo empirico".²⁴ Correttamente Barsanti fa seguire alla sua affermazione una nota in cui afferma: "lo studio delle interazioni fra organismo e ambiente viene impostato già all'interno della "scuola" buffoniana, e a mio giudizio proprio con il contributo determinante di Lamarck, ma val la pena di puntualizzare, per evitare anacronismi, che "ecologia" verrà coniato solo da Ernst Haeckel". Com'è noto, infatti, Haeckel, il principale sostenitore delle teorie di Darwin in Germania, nella *Morfologia generale degli organismi* (*Generelle Morphologie der Organismen*, Berlin, 1866), utilizzò per la prima volta il termine *ecologia*, intendendo con tale termine "la totalità delle scienze delle relazioni dell'organismo con l'ambiente, comprendendo nell'accezione più ampia tutte le condizioni dell'esistenza".²⁵

L'ecologia moderna, dunque, è figlia dell'evoluzionismo darwiniano, ed è comprensibile soltanto facendo riferimento ai modi e ai meccanismi del suo funzionamento. Che l'uomo facesse parte integrante del 'sistema ecologico' e che la sua presenza

nel mondo fosse all'origine di una delle innumerevoli interazioni fra organismi e ambiente fu ben presto chiaro anche sotto il profilo strettamente sperimentale, grazie alle ricerche di Karl Möbius sulla produttività dei banchi di ostriche del Wattenmeer, località lungo la costa dell'Holstein (1877), ricerche che, tra l'altro contribuiranno a dimostrare anche l'inconsistenza scientifica delle teorie economiche classiche e neoclassiche, fondate sull'idea di uno sfruttamento illimitato delle risorse. L'aumento della produzione delle ostriche (15 milioni nella stagione 1854-55) alterò in maniera distruttiva gli equilibri della zona (produzione di 400.000 nella stagione 1863-64).²⁶

È importante sottolineare come quella che può essere definita come l'ideologia della crescita, che rappresenta l'essenza delle teorie economiche classiche e neoclassiche (e quindi ancora di buon parte del 'modo comune' di pensare l'economia (tranne autorevoli eccezioni al momento inascoltate),²⁷ sia stata concepita in un'epoca precedente all'affermazione di importanti risultati scientifici relativi alle interazioni fra organismo (uomo) e ambiente da una parte, e al secondo principio della termodinamica dall'altra. Hermann Daly, uno dei fondatori dell'economia ecologica,²⁸ ha di recente riassunto in maniera ineccepibile questa problematica. La citazione è un po' lunga ma vale la pena di leggerla per intero: "La maggior parte degli economisti non ritiene che gli Stati Uniti e le altre nazioni sviluppate si stiano dirigendo verso una crescita antieconomica. In gran parte ignorano la questione della sostenibilità, e credono che, visto che la crescita ci ha portato tanto lontano, potremo andare avanti all'infinito. Eppure il problema della sostenibilità ha una storia antica. A differenza di altri economisti classici, John Stuart Mill, lo prese in considerazione già nel 1848 nel famoso capitolo 'Dello stato stazionario' dei suoi *Principi di economia politica* (...).²⁹ L'approccio moderno ha origine dal lavoro svolto negli anni Sessanta e Settanta da Kenneth Boulding, Ernst Schumacher e Nicolas-Georgescu Roegen, ed è sostenuto dai cosiddetti economisti ecologici e, in parte, anche da quel settore dell'economia contemporanea nota come economia delle risorse e dell'ambiente. Ma nel complesso la corrente economica oggi dominante (detta anche neoclassica) ritiene che la sostenibilità sia una moda passeggera, ed è ossessivamente votata alla crescita. Eppure i fatti sono semplici e incontestabili: la biosfera è finita, non cresce, è chiusa

(con l'eccezione del costante apporto di energia dal Sole), ed è regolata dalle leggi della termodinamica. Qualunque sottosistema, come l'economia, a un certo punto deve smettere di crescere e adattarsi a un equilibrio dinamico, simile a uno stato stazionario. Il tasso delle nascite deve essere uguale a quello delle morti, e il tasso di produzione dei beni di consumo deve essere uguale al tasso di deprezzamento".³⁰

L'economia classica nacque nel momento dell'affermazione in Europa dello spirito analitico, coltivando il sogno di potersi dare regole e principi allo stesso modo di una scienza esatta.³¹ Unitamente a ciò, l'economia classica fece propria una nuova idea di progresso, ben diversa rispetto a quella concepita da Bacone e da altri suoi contemporanei agli esordi della scienza moderna, come ha lucidamente scritto Paolo Rossi: "A proposito del tardo illuminismo e del positivismo si è parlato, non per caso, di *fede* nel progresso. Quella fede riposava principalmente su tre convinzioni: 1) nella storia è presente una legge che tende, attraverso gradi o tappe, alla perfezione alla felicità del genere umano; 2) tale processo di perfezionamento viene generalmente identificato con lo sviluppo e la crescita del sapere scientifico e della tecnica; 3) scienza e tecnica sono la principale fonte del progresso politico e di quello morale e costituiscono la conferma di tale progresso".³²

Da quel momento l'economia, nonostante che la *fede* nel progresso sia entrata "in una crisi profonda negli anni compresi fra le due guerre mondiali",³³ non ha mai più abbandonato il paradigma di riferimento che fu adottato al tempo della sua nascita come disciplina scientifica, favorita in questo dalla progressiva specializzazione delle discipline scientifiche, che talvolta hanno finito per diventare autoreferenziali, dogmatiche, prive di collegamenti con gli altri settori del sapere: "Un esempio illuminante di questo culto per i dogmi è dato dalla scienza economica, che è giunta a maturazione proprio nel momento in cui il dogma meccanicistico si trovava al suo apogeo. Quel dogma aveva già esercitato un dominio eccezionalmente forte sul pensiero scientifico per più di trecento anni. Ma subito dopo, circa cento anni fa, esso fu respinto dalla fisica stessa per motivi propri di quella particolare scienza. Noi invece vi siamo ancora attaccati, anche se in modo surrettizio".³⁴

La maggior parte delle cose che oggi dovremmo sapere sul nostro rapporto con la natura derivano dalla teoria darwiniana

dell'evoluzione e dal secondo principio della termodinamica (nozioni quasi del tutto ignote agli economisti),³⁵ nonché dalla progressiva comprensione che l'ecologia (all'inizio concepita quasi esclusivamente come appendice della biologia e dedita perlopiù a studi di biogeografia e geobotanica), dovesse entrare a far parte a pieno titolo della scienza chimica e geologica, avendo come oggetto lo studio dell'interazione tra il suolo, i mari, i laghi, i fiumi e la vita in essi contenuta, e considerando gli organismi viventi come partecipanti attivi a tali interazioni, dunque artefici, nel bene e nel male, dei fenomeni evolutivi del pianeta.

Scriverà Alfred Lotka nel 1925 nei suoi *Elementi di biologia fisica*: “Di solito si discute ‘l’evoluzione di una specie di organismi’. Man mano che procederemo nella ricerca troveremo parecchie ragioni per le quali dovremmo prendere in considerazione l’evoluzione come un tutto del sistema (organismo più ambiente). Può sembrare a prima vista che si avrebbe così un problema più complicato di quello che si avrebbe se si considerasse solo una parte del sistema. Ma risulterà chiaro che le leggi fisiche che governano l’evoluzione prendono con ogni probabilità una forma più semplice quando sono riferite al sistema come un tutto piuttosto che ad una sua qualsiasi parte”.³⁶ Nel corso del Novecento è divenuto sempre più chiaro, ad esempio, che i livelli di riproduzione delle popolazioni sfruttate non consentono di mantenere i livelli di sfruttamento all’infinito e possono perfino condurre all’estinzione delle specie bersaglio, riducendo progressivamente la biodiversità. Niles Eldredge va da anni ammonendo l’opinione pubblica sui rischi della Sesta Estinzione che sta minacciando il genere umano e il suo ambiente: un’estinzione di massa causata dall’uomo stesso: “Il mondo vivente è stato interessato nel passato da almeno cinque grandi estinzioni di massa. La più prossima a noi, e anche la più famosa, è avvenuta circa 65 milioni di anni fa, quando si estinsero gli ultimi dinosauri assieme a numerose altre specie terrestri e marine. (...) L’attuale crisi della biodiversità (la “Sesta Estinzione” che incombe su molte specie del pianeta) non è causata da meteoriti o da altri mutamenti naturali dell’ambiente, ma da noi, la specie *Homo sapiens*. Soltanto molto tempo dopo che il nostro comportamento sarà cambiato (o dopo che si saremo estinti), i processi evolutivi sostituiranno le specie scomparse ricostruendo gli ecosistemi che già sono stati distrutti o pesantemente compromessi”.³⁷

Note

¹ Cfr. W. Lepenies, *La fine della storia naturale. La trasformazione di forme di cultura nelle scienze del XVIII e del XIX secolo* (1976), Bologna, Il Mulino, 1991; P. Corsi, *Oltre il mito. Lamarck e le scienze naturali del suo tempo*, Bologna, Il Mulino, 1983.

² *Discorso preliminare*, in *La filosofia dell'Encyclopedie. D'Alembert e Diderot*, a cura di P. Casini, Roma-Bari, Laterza, 1966, p. 60.

³ F. Abbri, *Le terre, l'acqua, le arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, Il Mulino, 1984.

⁴ A.-L. Lavoisier, *Memorie scientifiche*, a cura di F. Abbri, Roma-Napoli, Theoria, 1986, p. 192.

⁵ Cfr. M. Ciardi, *Breve storia delle teorie della materia*, Roma, Carocci, 2003.

⁶ M. Ciardi, *Illuminazioni e ragionamenti. L'entusiasmo e la nascita della scienza moderna*, in *Studi sull'entusiasmo*, a cura di A. Bettini e S. Parigi, Milano, Franco Angeli, 2001, pp. 117-135.

⁷ W. Pauli, *L'influsso delle immagini archetipiche sulla formazione delle teorie scientifiche di Keplero* (1952), in *Psiche e natura*, a cura di G. Trautteur, Milano, Adelphi, 2006, p. 117.

⁸ B. J. T. Dobbs, *Isaac Newton, scienziato e alchimista. Il doppio volto del genio* (1991), Roma, Edizioni Mediterranee, 2002.

⁹ I. Newton, *Opere*, Torino, UTET, 2 voll., 1977-78: vol. II, p. 796.

¹⁰ F. Giudice, *Isaac Newton e la tradizione dei principi attivi nella filosofia naturale del XVII secolo*, in *Scienza e teologia fra Seicento e Ottocento. Studi in memoria di Maurizio Mamiani*, Firenze, Olschki, 2006, pp. 39-55.

¹¹ Magalotti fu segretario dell'Accademia del Cimento per sette anni, anche se prese parte ai suoi lavori fin dal 1657, anno della sua costituzione. L'Accademia restò attiva per una decina d'anni.

¹² M. Ciardi, *Il Cimento, l'Oriente e l'Europa. Lorenzo Magalotti e la nascita del viaggio scientifico*, in *Toscana e Europa. Nuova e scienza e filosofia tra '600 e '700*, a cura di F. Abbri e M. Bucciattini, Milano, Franco Angeli, 2006, pp. 177-204.

¹³ L. Magalotti, *Saggi di naturali esperienze*, a cura di T. Poggi Salani, Milano, Longanesi, 1976, pp. 58-59.

¹⁴ D. Diderot, *Opere filosofiche*, a cura di P. Rossi, Milano Feltrinelli, 1967, pp. 140-141.

¹⁵ M. Ciardi, *Gli ultimi anni di una straordinaria carriera*, in L. Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere. Parte quarta: Opere direttamente edite dall'autore, Vol. VII (1793-1798)*, a cura di M. Ciardi, Modena, Mucchi, 2005, pp. 5-90.

¹⁶ L. Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere*, cit., *Carteggi*, X, pp. 149-150.

¹⁷ *Memorie su la Respirazione. Opera postuma dell'Abate Lazzaro Spallanzani*, 1 vol. in 2 tt., Milano, presso Agnello Nobile libraio-stampatore Su la corsa del Duomo all'angolo dell'Agnello, 1803. Si tratta delle prime tre memorie sulla respirazione animale.

¹⁸ *Mémoires sur la respiration par Lazare Spallanzani, traduits en Français, d'après son manuscrit inédit, par Jean Senebier*, Genève, chez J. J. Paschoud libraire, 1803. Questa edizione costituisce la traduzione francese dell'edizione italiana (anche se apparve qualche mese prima). La maggior parte del materiale inedito di Spallanzani venne quindi pubblicato in *Rapports de l'Air avec les êtres organisés ou Traités de l'action du poumon et de la peau des animaux sur l'air, comme de celle des plantes sur ce fluide. Tirés des Journaux d'observations et d'expériences de Lazare Spallanzani, avec quelques Mémoires de l'Éditeur sur ces matières. Par Jean Senebier ...*, Genève, chez J. J. Paschoud, Imprimeur-Libraire, 1807, 3 voll.

¹⁹ Cfr. su questo tema il libro di P. Mazzarello, *Costantinopoli 1786: la congiura e la beffa. L'intrigo Spallanzani*, Torino, Bollati Boringhieri, 2004. Si veda anche P. Di Pietro, *Lazzaro Spallanzani, Carlo Linneo e i naturalisti nomenclatori*, in "Atti della Accademia Nazionale dei Lincei (Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali)", s. IX, V, fasc. 1, 1994, pp. 95-101.

²⁰ L. Spallanzani, *Edizione Nazionale delle Opere. Parte quarta: Opere direttamente edite dall'autore*, Vol. VII (1793-1798), cit. p. 250. Il *Traité sur les rapports des plantes avec l'air atmosphérique*, pubblicato all'interno dell'edizione Senebier del 1807, risulta composto da tre memorie: I) *Sur cette question: les eaux du globe décomposent-elles l'acide carbonique qu'elles reçoivent de l'atmosphère?* II) *Résultats généraux sur la qualité de l'air que les plantes renfermées dans l'air commun et dans l'eau peuvent fournir*; III) *Sur les Plantes exposées au soleil et à l'ombre, dans l'air et sous l'eau*. La prima memoria del *Traité* è dunque la traduzione francese di quella a cui si riferisce Spallanzani in questa citazione. Per la versione originale si veda Mss. Regg. B 150: Lazzaro Spallanzani, *Memorie sulla respirazione delle piante*, cc. 10r-22v: "Se le acque del Globo decompongano l'acido carbonico, che riceve dall'atmosfera. Memoria"; cfr. *Catalogo dei Manoscritti di Lazzaro Spallanzani*, a cura di P. Manzini, Reggio Emilia, Cassa di Risparmio di Reggio Emilia, 1981, p. 111.

²¹ J.-P. Deléage, *Storia dell'ecologia. Una scienza dell'uomo e della natura* (1991), Napoli, CUEN, 1994.

²² A. von Humboldt, *La Geografia, I Viaggi. Antologia degli scritti*, a cura di M. Milanese e A. Visconti, Milano, Franco Angeli, 1975, pp. 40-42.

²³ P. Rossi, *I segni del tempo. Storia della Terra e storia delle nazioni da Hooke a Vico*, Milano, Feltrinelli, 1979.

²⁴ G. Barsanti, *Una lunga pazienza cieca. Storia dell'evoluzionismo*, Torino, Einaudi, 2005, p. 137.

²⁵ P. Acot, *Storia dell'ecologia* (1988), Roma, Lucarini Editore, 1989, pp. 42-43.

²⁶ J.-P. Deléage, *Storia dell'ecologia*, cit., pp. 69-72.

²⁷ Secondo la celebre frase di Kenneth Boulding, non è più possibile oggi “pensare che, in un mondo finito, i nostri consumi possano crescere all’infinito, a meno di non essere ‘o un pazzo o un economista’”; N. Armaroli, V. Balzani, *Energia oggi e domani. Prospettive, sfide, speranze*, Bologna, Bononia University Press, 2004.

²⁸ Per un’introduzione all’economia ecologica, J. Martinez-Alier, *Economia ecologica. Energia, ambiente, società* (1987), Milano, Garzanti, 1991. Un utile compendio è P. Greco, A. Pollio Salimbeni, *Economia ed ecologia. Le tracce della storia*, in *Lo sviluppo insostenibile. Dal vertice di Rio a quello di Johannesburg*, Milano, Bruno Mondadori, 2003, pp. 31-81.

²⁹ Per ‘stato stazionario’ si intende l’assenza di crescita nella produzione dei beni e servizi calcolati sul prodotto nazionale

³⁰ H. Daly, *L’economia in un mondo pieno*, in “Le Scienze”, n. 447, novembre 2005, p. 114.

³¹ Cfr. sull’argomento S. Latouche, *L’invenzione dell’economia. L’artificio culturale della naturalità del mercato*, Caselecchio (BO), Arianna Editrice, 2005.

³² P. Rossi, *Naufragi senza spettatore. L’idea di progresso*, Bologna, Il Mulino, 1995, p. 93. Cfr. sull’argomento, S. Latouche, *La Megamacchina. Ragione tecnoscientifica, ragione economica e mito del progresso* (1995), Torino, Bollati Boringhieri, 2000².

³³ P. Rossi, *Naufragi senza spettatore*, cit. p. 92.

³⁴ N. Georgescu-Roegen, *Bioeconomia. Verso un’“altra” economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, a cura di M. Bonaiuti, Torino, Bollati Boringhieri, 2003, p. 65. Su Georgescu-Roegen si veda M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica. La ‘nuova economia’ di Nicholas Georgescu-Roegen*, Roma, Carocci, 2001.

³⁵ Come è stato giustamente scritto, “è certo che la conoscenza del Secondo Principio della Termodinamica potrebbe far ravvedere i sostenitori del grande bluff della crescita infinita e che un corso di termodinamica ben fatto sarebbe di grande beneficio per gli studenti di Economia, particolarmente per quelli che un giorno aspirassero a diventare Ministri”, N. Armaroli, V. Balzani, *Energia oggi e domani*, cit. p. 13.

³⁶ A. Lotka, *Elements of Physical Biology*, Baltimore, William and Wilkins.

³⁷ N. Eldredge, *La vita in bilico. Il pianeta Terra sull’orlo dell’estinzione* (1988), Torino, Einaudi, 2000, p. XI.