

# Scienza e tecnologia: separati in casa?

di Angelo Tartaglia

**Abstract.** La scienza moderna si è accompagnata con un rigoglioso sviluppo della tecnologia. Per un paio di secoli lo sviluppo di entrambe in strettissima correlazione è stato identificato con il “progresso”. La scienza, però, nel XX secolo ha cominciato a sviluppare in maniera più sistematica che in precedenza la capacità di prevedere le conseguenze a medio/lungo termine delle azioni umane. La tecnologia invece è rimasta concentrata sul breve e brevissimo termine e il suo progredire è visto come asservito alle esigenze dell’economia corrente. È a questo punto che si manifesta la contraddizione: la scienza mostra in maniera sempre più chiara l’insostenibilità a medio/lungo termine della crescita irrazionalmente posta alla base dell’economia contemporanea; la tecnologia alimenta l’insostenibilità. Tutto ciò pone problemi etici e di coerenza che si manifestano in maniera particolare nel cosiddetto *dual use* civile-militare e nella gestione dei territori e delle risorse materiali.

**Sommario:** Chi è nato prima? – E la scienza? – La filosofia naturale – La scienza economica e l’ideologia connessa – Qualche scricchiolio – La spaccatura diviene palese – È possibile la deriva antiscientifica delle tecnologie? – Conclusione.

**Parole chiave:** crescita; sostenibilità; tecnologia.

## Chi è nato prima?

Quella che oggi chiamiamo tecnologia ha radici molto antiche e anzi preumane. Potremmo dire che si tratta della capacità di escogitare comportamenti e modalità di utilizzo di materiali e oggetti che reperiamo intorno a noi per finalità pratiche a corto e cortissimo termine. Alcuni scimpanzé sanno utilizzare dei rametti secchi per recuperare il miele contenuto in qualche alveare nascosto nelle fratture di un tronco; alcune cornacchie hanno trovato il modo per rompere il guscio delle noci lasciandole cadere dall’alto sulle strade asfaltate, meglio se ad alto traffico di modo che le ruote delle auto completino il lavoro; e così via.

Gli esseri umani all’inizio hanno fatto lo stesso sia pure con modalità un poco più raffinate: trovare il modo di accendere il fuoco e conservare le braci per facilitare la riaccensione; scheggiare le selci per ottenere bordi affilati con cui facilitare il taglio delle pelli; connet-

tere le selci affilate con dei bastoni in modo da formare delle asce con cui cacciare e, perché no, ammazzarsi a vicenda; l’osservazione della flessibilità ed elasticità di certi giovani rami di arbusti e alberi porta, fin dall’età della pietra, alla realizzazione dell’arco per lanciare frecce, buono per la caccia e, ovviamente, per la guerra; la metallurgia si sviluppa per realizzare attrezzi molto più efficienti e soprattutto armi; e così via. Il *dual use*, cioè l’impiego sia per migliorare le proprie condizioni di vita che per colpire i propri simili in competizione, è, insomma, sistematico e più antico anche della nascita delle prime città in Mesopotamia.

## E la scienza?

Innanzitutto dovremmo definire la scienza. Diciamo che fin da tempi remoti da un lato c’erano gli artigiani che, diremmo oggi, usavano e sviluppavano le “tecnologie”; da un altro c’era chi (per semplicità potremmo definirli sacerdoti) guardava lontano e in particolare al

cielo per collegare ciò che avveniva, anche e soprattutto a grande scala, a una “dimensione” superiore popolata dalle divinità, agenti primari di ciò che altrimenti risultava incomprendibile. L’osservazione del cielo e delle sue regolarità, nonché dei cicli stagionali, avvenne in varie aree del pianeta, sia pure in assenza di strumenti particolari, con sorprendente accuratezza. Questo si verificava già agli albori delle civiltà mesopotamiche, ma con le stesse modalità avvenne anche nelle Americhe, prima dell’arrivo degli europei, dove ad esempio i maya impostarono il loro calendario sul ciclo 52ennale del moto apparente del pianeta Venere. Anche in questi casi l’osservazione e la riflessione avevano, molto spesso, una funzione, a modo loro, “pratica” in quanto finalizzata a capire le intenzioni degli dei e, quando del caso, a placarne le ire.

Ad ogni buon conto l’osservazione sistematica del cielo portò in evidenza anche una particolarissima rilevanza dei numeri e delle loro proprietà. Qualcosa di simile accadde anche per esigenze pratiche più immediate, quali quelle di misurare appezzamenti di terreno, distanze e così via. Insomma cominciò a svilupparsi la “geometria” (misura della terra) basata su operazioni manuali a terra abbinata con un uso peculiare dei numeri. Proprio i numeri, che in alcuni casi iniziarono anche a essere rivestiti di un alone sacrale, cominciano a stimolare un atteggiamento riguardo alla conoscenza che potremmo definire, in modo per ora alquanto improprio, come “scientifico”. Osservare e ragionare per scoprire proprietà e “leggi” di entità concretamente astratte quali i numeri. Conoscenze empiriche per raggiungere obiettivi concreti e ragionamenti basati sui fatti con finalità meramente conoscitive procedono senza contrasti. Nell’area mediterranea incontriamo Eratostene (III secolo a.C.) che trova il modo concreto per calcolare la circonferenza della Terra con l’incredibile accuratezza di circa l’1 per cento. Nello stesso secolo Aristarco di Samo, guardando e ragionando, riesce a capire non solo che la Terra gira intorno al Sole e su sé stessa, ma anche che il suo asse di rotazione deve essere inclinato rispetto a quello di rivoluzione orbitale. Tutto questo non ha immediatamente finalità e risvolti pratici, ma ancora nello stesso periodo troviamo Archimede con le sue scoperte, la teorizzazione della leva e le invenzioni che gli vengono attribuite, dalle coclee agli specchi ustori.

## *La filosofia naturale*

In quello che definiamo come “l’occidente” antico (area mediterranea e poi europea) la ricerca della “sapienza” in quanto tale, a prescindere dalle finalità pratiche, è ciò che verrà chiamata “filosofia”. L’osservazione e l’applicazione della razionalità al mondo intorno a noi diviene quella che si chiama filosofia naturale. Non pretendo certo qui di fare una storia della scienza, tanto più che non sono qualificato per farlo. Ricorderò solo che la filosofia (compresa la branca “naturale”) alla fine dell’antichità, verrà sussunta all’interno della teologia e finirà per essere parte di una costruzione concettuale che a priori cerca di interpretare il mondo in ogni suo aspetto in maniera finalistica; l’impalcatura generale è quella aristotelica e le intuizioni, anzi, possiamo dire, le scoperte di Aristarco vengono rimosse e dimenticate.

Possiamo cominciare a parlare di scienza in senso moderno, sia riguardo al merito che al metodo, a partire dal XVI secolo con le ben note vicende di Copernico e di Galileo e con il conflitto tra teologia (tomista) e nuova scienza. Da lì in poi la scienza va per la sua strada e la tecnologia l’accompagna: basti pensare al cannocchiale inventato probabilmente in Olanda e perfezionato da Galileo che ne realizzò parecchi esemplari. Prima comunque, laddove non c’erano potenziali conflitti di principio con la filosofia ufficiale, c’era già stata una figura simile ad Archimede, Leonardo da Vinci, che aveva manifestato la sua genialità in vari campi della scienza applicata e della tecnologia, oltretutto dell’arte.

## *La scienza economica e l’ideologia connessa*

Tra il XVII e il XVIII secolo, mentre la scienza moderna prosegue trionfalmente il suo cammino, comincia a strutturarsi una branca particolare di quella che è l’osservazione dei comportamenti umani in materia di produzione e scambio di beni e risorse: nasce, sia pur sotto vari nomi, quella che oggi chiamiamo economia. Pian piano però la nuova disciplina viene inglobata in un vero e proprio sistema di pensiero a carattere ideologico. Per tale intendendo un paradigma assunto come “vero” a priori e inteso a giustificare e legittimare uno specifico assetto sociale. Le popolazioni barbariche insediate nell’area che era stata dell’impero romano avevano in origine una struttura socia-

le gerarchica che si basava sulla legge del più forte; a un certo punto esse si ricoprirono di una verniciatura di “cristianesimo”: restarono sostanzialmente quel che erano prima, ma ora si ammantarono di un castello ideologico (appunto) in base al quale il potere dei più forti è legittimato dal volere di Dio.

L'assioma fondamentale della nascente economia è che il motore positivo della storia umana è l'egoismo individuale e chi se ne serve in maniera più compiuta ed efficiente è il migliore (significativo al riguardo l'apologo delle api, pubblicato in forma anonima da Mandeville nel 1705). Comunque più che mai nel XVIII e XIX secolo la scienza della natura e le applicazioni in ogni campo procedono al galoppo mano nella mano. Scienza e tecnologia sono viste come strutturalmente incluse nel paradigma dell'economia capitalista che procede a briglia sciolta dopo il crollo dell'*ancien régime*. Tensioni e contrasti non coinvolgono la scienza come tale, ma si manifestano all'interno delle dinamiche sociali contrapponendo liberismo e statalismo collettivista. La scienza continua a cercare le regole fisiche del gioco che servono poi ad ispirare applicazioni sempre più complesse su cui far progredire l'economia e, nello stesso tempo, le esigenze pratiche di una nascente economia industriale stimolano la nascita e lo sviluppo di intere branche del sapere, come nel caso dell'elettromagnetismo e della termodinamica, connessi con la realizzazione di motori prima termici e poi elettrici.

### Qualche scricchiolio

Per la verità proprio la definizione scientifica delle regole del gioco qualche scricchiolio lo produsse anche se al momento nessuno ci fece caso. Lavoisier, in concomitanza con la rivoluzione francese (che poi lo farà ghigliottinare), osservò (con riferimento alle reazioni chimiche) che «nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma»: legge di conservazione della massa che più tardi diventerà di conservazione della massa/energia. Qualche decennio dopo, con riferimento alle trasformazioni, comparvero varie formulazioni di quello che sarà il secondo principio della termodinamica: in ogni trasformazione in cui si voglia convertire in lavoro utile una qualche forma di energia *necessariamente* una parte dell'energia iniziale andrà dispersa o, in altre parole, qualsiasi *trasformazione* (che implica comunque

una qualche forma di energia) fa crescere il *disordine* (entropia) nell'ambiente circostante.

Come ho già scritto, nessuno, al tempo, considerò che queste leggi (indipendenti dal mercato e dagli stati) potessero in qualche modo minare i principi dell'economia. Eppure un corollario di quell'economia basata sull'egoismo individuale era che l'obiettivo da perseguire per assicurare il progresso dell'umanità fosse la crescita materiale illimitata della produzione di beni da collocare sul mercato in regime di competizione. È evidente che le risorse richieste da uno specifico processo produttivo non possono mai essere illimitate, ma la visione ideologica afferma che si passerà da un processo produttivo ad un altro che farà uso di risorse diverse e che questo evolversi da una forma ad un'altra potrà procedere per sempre grazie all'innovazione basata sul progresso scientifico e tecnologico. L'idea in sé non è in effetti razionale, ma all'inizio non ci si fece caso.

Un altro “disturbo”. Il carburante (alla lettera) dello sviluppo dell'economia capitalista (poi anche in versione sovietica) era il carbone, seguito poi nel tempo dal petrolio e poi ancora dal gas naturale (essenzialmente metano). I motori che assicurano la grande produzione industriale funzionano grazie a delle combustioni di materie prime carboniose. Orbene, durante tutto il XIX secolo vari scienziati notano il ruolo dell'atmosfera e del suo contenuto nel determinare il clima sulla superficie della terra e infine Arrhenius (nel 1897) evidenzia il ruolo cruciale dell'anidride carbonica (in precedenza già rimarcato da Newton Foote) e stima che un raddoppio del suo contenuto in atmosfera comporterebbe un aumento di 3 °C nella temperatura superficiale del pianeta. Insomma, il procedere dell'economia del “sempre di più” comporta un progressivo non trascurabile cambiamento del contesto fisico in cui quella economia, e con lei l'intera biosfera, evolve.

All'inizio di certo economisti, industriali, politici, sindacati, istituzioni non fanno il minimo caso a queste elucubrazioni scientifiche e tecnologiche, salvo magari qualche dubbio che rimane marginalizzato fra pochi intellettuali. Processi produttivi e abitudini di vita si sviluppano e progrediscono a ritmo crescente in mezzo ai conflitti sociali e materiali.

## La spaccatura diviene palese

È con gli anni '70 del secolo scorso che la divaricazione tra sapere scientifico e applicazioni tecnologiche comincia a manifestarsi anche al grande pubblico e a diventare visibile al di fuori di qualche cerchia accademica o dei movimenti ambientalisti. Tra la fine del XIX e la prima metà del XX secolo nel panorama scientifico si fa gradualmente avanti il tema della “complessità” cioè del comportamento di sistemi composti da un grandissimo numero di elementi che interagiscono fra loro in maniera non lineare. Nella seconda metà del XX secolo lo sviluppo di strumenti di calcolo sempre più potenti e raffinati consente di cominciare ad applicare quanto la teoria dei sistemi complessi viene scoprendo a diversi aspetti del mondo reale quali climatologia e meteorologia, dinamica delle “catastrofi” (ad esempio le valanghe o il crollo di strutture artificiali complesse) e molto altro. E anche alla biosfera e all'economia che incarna per l'appunto un sistema complesso. Le capacità previsionali in senso statistico/probabilistico in continuo miglioramento consentono alla teoria dei sistemi complessi di esprimersi circa la sostenibilità a medio/lungo termine anche dell'economia dell'eterna crescita; e qui emerge la contraddizione. La limitatezza delle risorse in un ambiente finito si somma con la dinamica del sistema complesso costituito dall'ecosfera terrestre in cui l'umanità è inclusa e con cui interagisce in quanto a sua volta sottoinsieme complesso: da questo coinvolgimento non è in alcun modo esentata l'economia, che è a sua volta un sottosistema complesso, per nulla sciolto dai vincoli propri del sistema globale.

Insomma, la scienza (anche se a volte vivacemente contestata per via delle sgradite conseguenze) esprime in maniera esplicita e manifestata *erga omnes* l'insostenibilità dell'economia globale, che è stata incardinata nelle strutture stesse della società e della politica a scala mondiale, e allerta sull'incombere a distanza temporale ravvicinata di un collasso, cioè di una brusca riorganizzazione del sistema fisico globale in tempi molto più rapidi della nostra capacità di adattamento. Tutto ciò implicherebbe un progressivo (se si fosse iniziato per tempo) e ormai più che urgente cambio di paradigma nei rapporti interumani del dare e dell'avere: l'unica configurazione che potrebbe continuare a tempo indeterminato

comporta uno stato di equilibrio dinamico tra attività umane e uso delle risorse reperibili nel circostante sistema mondo. La sostenibilità implica una stabilità dei flussi materiali che possono procedere in modalità essenzialmente circolare fintantoché dall'esterno sarà disponibile un flusso di energia (solare e derivati, geotermica, gravitazionale) per “far girare la ruota”. Stabilito questo si apre o si dovrebbe aprire il campo della politica, ossia delle scelte collettive che, fermo restando l'equilibrio dinamico del sistema fisico, entrano nel merito della maggiore o minore equità sociale.

Tutto ciò nell'ambito della razionalità scientifica, ma la ragione è solo una delle componenti che determinano i comportamenti umani. L'insostenibilità nei confronti di qualsiasi limite, soprattutto in coloro che traggono i maggiori vantaggi dall'assetto socio-economico attuale si manifesta in forma di sostanziale opposizione a qualsiasi cambiamento che rischi di portare con sé un riassetto delle gerarchie sociali. Il motto che meglio incarna le propensioni di chi non intende in alcun modo cambiare strada potrebbe essere quello del Gattopardo: «cambiare tutto purché nulla cambi». Questo, diciamo così, come attitudine istintuale, ma trovandosi di fronte a obiezioni di ordine razionale e scientifico, ecco che si mobilita il paradigma ideologico dell'economia *mainstream* per giustificare la negazione di qualsiasi cambiamento in nome di una nuova onnipotente divinità: il mercato, che risolverà automaticamente qualsiasi problema, pur di non intralciarlo e lasciarlo agire con i suoi tempi. Ahimè, però il mondo fisico non sa cosa sia il mercato e va avanti per la strada che noi stessi stiamo costruendo nell'illusione del “sempre di più”.

A questo punto possiamo anche evidenziare razionalmente l'insostenibilità fisica dell'attuale economia globale anche senza dover ricorrere alle logiche dei sistemi complessi. Posso fare due esempi. Dato un processo fisico (produzione di beni o di servizi) che pretenda di far crescere indefinitamente il proprio prodotto, la fisica dice che la quantità di risorse materiali da inserire nel processo per farlo continuare cresce anch'essa, ma più rapidamente: generalmente con legge quadratica. Traducendo il tutto in termini di valore convenzionale (monetario) risulta che se all'inizio i costi sono contenuti rispetto al valore del prodotto, continuando con la crescita i costi finiscono per assorbire completamente gli uti-

li: fig. 1.

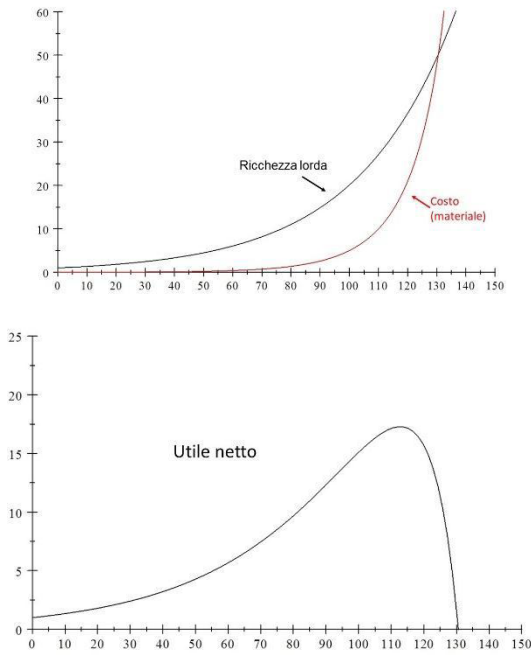


Fig. 1 Sopra: prodotto che cresce a tasso annuo costante con relativi costi che crescono anch'essi ma con andamento quadratico rispetto alla produzione. Sotto: utile netto come differenza tra le due curve a sinistra.

Il secondo esempio riguarda il problema delle disuguaglianze che tutti affermano di voler ridurre, ma che continuano dovunque a crescere. Ebbene, se il paradigma dell'ideologia *mainstream* prevede la crescita competitiva in un ambiente finito soggetto alle leggi fisiche e proviamo a riprodurre l'evoluzione temporale della quota di risorse (di ricchezza) disponibili individualmente per due competitori l'andamento che si ottiene è quello riportato in fig. 2.

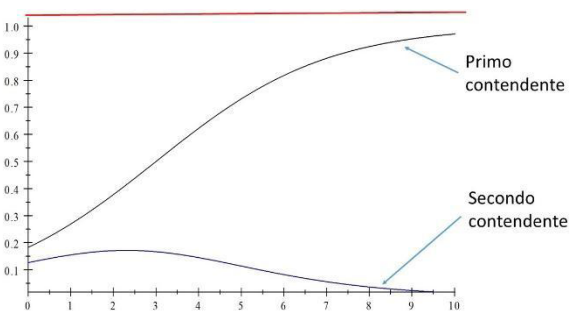


Fig. 2 Quota di ricchezza globale ripartita tra due contendenti in regime di crescita competitiva: la differenza tra i due cresce sempre. La linea rossa rappresenta la quantità globale di risorse, necessariamente limitata.

Naturalmente la competizione globale comprende tutta l'umanità e non solo due contendenti, per cui la situazione è parecchio più complicata, ma il meccanismo di fondo è sostanzialmente lo stesso e in effetti se si

guardano le statistiche mondiali su un arco di qualche decennio si vede che le disuguaglianze economico/sociali crescono continuamente dovunque e anche sotto regimi politici diversi ma all'interno della stessa economia globalizzata. Un numero irrisorio di soggetti dispone di una ricchezza comparabile con quella dei restanti miliardi di esseri umani e la disuguaglianza continua a crescere: pochi straricchissimi e miliardi di poveracci.

L'insostenibilità e l'iniquità dell'economia globale dominante le mostra la scienza, a prescindere dagli aspetti etici. Nello stesso tempo però l'insostenibile mito della crescita perpetua viene alimentato dallo sviluppo tecnologico che sforna applicazioni da cui trarre utili a corto e cortissimo termine; e lo sviluppo delle tecnologie alle spalle ha ancora la scienza.

### *È possibile la deriva antiscientifica delle tecnologie?*

Gli uomini e le donne di scienza sono esseri umani come gli altri e pertanto sono soggetti alle stesse pulsioni irrazionali di chiunque, tanto più quando ci si occupa di scienza applicata che poi è quella da cui scaturiscono nuove tecnologie. Si può guardar lontano con i metodi della scienza oppure si può scegliere, complice l'ideologia economica dominante, di guardare solo vicino. È più che mai azzeccata la battuta di Groucho Marx: «Perché dovrei preoccuparmi dei posteri? Cos'hanno mai fatto i posteri per me?»

Gli atenei e i centri di ricerca hanno bisogno di finanziamenti e, in regime di mercato, promosso da gran parte della politica anche qui da noi, tali finanziamenti tendono ad essere sempre più di origine privata. Ma imprese, gruppi finanziari e così via i loro finanziamenti li assegnano sulla base della prospettiva di averne un ritorno di guadagno in tempi non troppo lunghi. Inoltre non sono disponibili a mettere in discussione il meccanismo fondamentale del loro operare, cioè la crescita materiale: produrre di più, più in fretta, per vendere qualcosa da cui ricavare utili in misura sempre maggiore. «Chi vuol esser lieto sia: di doman non v'è certezza».

E dunque se sono un ricercatore o una ricercatrice e ho bisogno di farmi finanziare una ricerca vedrò di inserire nei miei programmi degli obiettivi che possano interessare i potenziali finanziatori privati e poi, ottenuto il

finanziamento, mi impegnerò per conseguire quegli obiettivi a prescindere da ragionamenti che dimostrano come essi finiranno per portare il sistema al collasso.

Questa contraddizione è particolarmente evidente nel caso del cosiddetto *dual use*, ossia dello sviluppo di tecnologie che possono avere applicazioni civili, ma anche militari e che per la verità, nei casi che coinvolgono svariati nostri atenei e alcuni settori più di altri (per esempio l'aerospazio), alla fin fine hanno una reale rilevanza soprattutto nell'ambito delle applicazioni militari. L'alibi per chi si dedica a queste ricerche non è nuovo: «io faccio il mio mestiere, poi sono altri che decidono come utilizzare i risultati della mia ricerca». In realtà risulta problematico affermare che ognuno è responsabile solo dei propri atti immediati quando sa già in anticipo quale ne sarà la conseguenza.

Oggi, pudicamente, quando si producono armi si dice di operare per la “difesa”. In realtà le imprese del settore (che nel caso italiano

sono generalmente a partecipazione pubblica) hanno anch'esse la finalità di fare utili possibilmente in crescita e le armi le vendono a chi le paga. Alla fin fine, questa è anche la logica di quegli atenei o gruppi di ricerca che operano nel campo e che non possono cavarsela dichiarando che l'utilizzo dei risultati non è competenza loro.

## Conclusione

Sommando tutto, ecco perché si può oggi dire che scienza e tecnologia sono “separate in casa”. Da un lato la scienza è in grado di affermare che stiamo marciando verso un collasso globale ormai imminente, accompagnato tra l'altro da crisi di natura economico/sociale che si manifestano anche in forma bellica. Diciamo che questo è il dr. (prof.?) Jekyll. Dall'altro la ricerca applicata e le tecnologie tendono a fornire gli strumenti per andare al galoppo verso il citato collasso. E questo è mr. Hyde. Ma siamo sempre noi.

## Riferimenti bibliografici

Burlando Roberto, Tartaglia Angelo, 2018, *Physical Limits to Economic Growth*, Routledge, Oxon and New York.

Tartaglia Angelo., 2020, “Growth and inequalities in a physicist's view”. *Biophysical Economics and Sustainability*, vol. 5, n.3, pp. 1-9.