
L'autontrollo presso le popolazioni biologiche

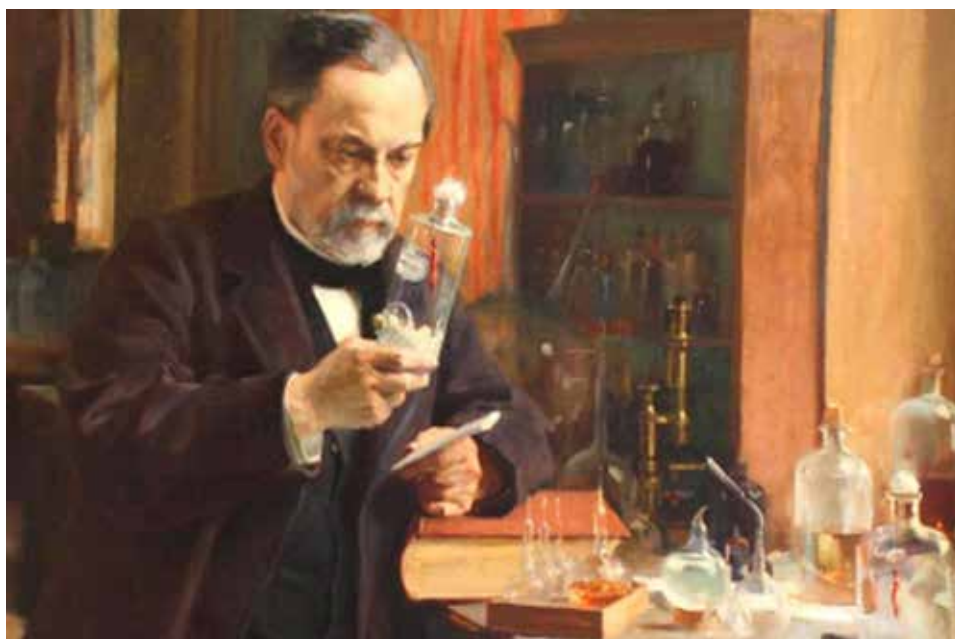
Pietro Omodeo

Lo sviluppo della genetica, ritenuta nella seconda metà del secolo scorso la branca più autorevole della biologia, ha oscurato una serie di studi precedenti relativi al controllo delle popolazioni batteriche. Il tema del controllo della crescita torna oggi di grande attualità con riferimento alla popolazione umana.

La scoperta dei batteri

Nella seconda metà dell'Ottocento il chimico francese Louis Pasteur, che aveva esordito con studi sulla fermentazione della birra e sulla trasformazione di composti levogiri e destrogiri, scoprì i batteri, microrganismi viventi (o microbi, come allora si diceva) di dimensioni ai limiti della risoluzione del microscopio. Ben presto se ne tentò l'allevamento in laboratorio con risultati incostanti: in alcuni casi nelle soluzioni nutritive preparate con attenzione la popolazione batterica cresceva con grande rapidità fino ad esaurire il nutrimento, e quei piccolissimi individui morivano – per così dire – di fame. In altre circostanze la popolazione batterica cresceva in modo discontinuo, e in altre circostanze ancora, dopo un inizio piuttosto brusco, la popolazione cresceva lentamente e in modo uniforme.

In quel laboratorio non tardarono a costruire uno strumento per il controllo automatico che disciplinava la crescita della popolazione quando questa era troppo rapida. Il *chemostato*, come fu poi chiamato, funzionava così: la popolazione veniva sorvegliata, o monitorata, con un fascio di luce che l'attraversava; più la popolazione cresceva tanto più opaca diventava, cioè intercettava più luce. Raggiunta per tentativi una opacità adatta, veniva eliminata una quota della sospensione di batteri nella soluzione nutritiva e sostituita con un uguale volume di terreno nutritivo (*pahulum*) sterile, e così via.



Più o meno perfezionati, i chemostati esistono oggi in qualunque laboratorio batteriologico nel quale la quota prelevata per arrestare la crescita esponenziale viene sottoposta agli studi del caso.

La scoperta dei fagi

Negli anni 1915-1917 fu scoperto da Frederick Twort e Félix d'Hérelle che l'arresto della crescita esponenziale in alcune specie batteriche era causato, in modo naturale, da organismi ancora più piccoli dei batteri, del tutto invisibili al microscopio e capaci di attraversare i filtri di porcellana non verniciata che venivano impiegati per rendere sterili i terreni di coltura. A questi organismi venne dato il nome di *batteriofagi*, nome poi mutato in virus "filtrabili", anche se il termine di batteriofago, cioè mangiatore di batteri, è ancora oggi usato in forma abbreviata, *fago*.

Virus protagonisti dell'autocontrollo

Come si è poi stabilito, i virus sono particelle autoriproducibili che contengono segmenti di DNA o RNA che si comportano come cromosomi e specificano proteine di vario tipo. Le molecole proteiche vengono prodotte dalla cellula iniettata e sono deputate alla protezione del cromosoma virale e ad altre funzioni necessarie alla infettività e contagiosità del virus. In qualche raro caso il cromosoma virale può essere "nudo". In principio si discusse a lungo se i virus fossero forme di vita molto primitive o forme degradate, o più semplicemente gruppi di geni resisi indipendenti e capaci di riprodursi alle spese di cellule di una medesima specie (o specie poco diversa) da cui avevano tratto origine, modificandole ed eventualmente uccidendole¹. Quest'ultima ipotesi, cioè che il virus si origina all'interno del genoma dell'organismo che viene poi infettato (ed eventualmente ucciso), è quella che oggi prevale.

Trasposoni

Ancor più dell'Ottocento, il Novecento è stato un secolo molto fertile di novità: per molti anni di seguito. Ogni sei mesi la sperimentazione proponeva informazioni più ricche e complete, mentre una retroguardia agguerrita si opponeva con asprezza.

Un esempio lo troviamo nel caso dei trasposoni, identificati da Barbara McClintock che studiava l'ereditarietà nel mais. Secondo la McClintock (1950)², alcune sequenze di DNA che comprendevano pochi geni si staccavano dal genoma e si trasferivano in altro luogo di esso (*jumping genes*). Una visione dinamica della struttura e del modo di operare del patrimonio ereditario, ma simile proposta fu contrastata e rifiutata per decenni.

A causa di tale rifiuto, l'idea che il controllo sulla riproduzione venisse esercitato da virus (chiamati *batteriofagi* nel caso della riproduzione batterica) impedendo un andamento esponenziale nocivo per la popolazione stessa e anche per popolazioni diverse conviventi non attecchì, come non attecchisce ancora oggi a settant'anni di distanza. Eppure furono molti e autorevoli coloro che allora sostennero quella funzione per molti virus: il controllo avveniva quindi attraverso la morte di una quota della popolazione che aveva dato origine a quel virus.

Mentre così si esprimevano una parte dei ricercatori, i genetisti sostenevano l'esatto contrario: l'individuo più adatto, con un sicuro successo evolutivo, è quello che lascia più discendenti fertili. La genetica, che era ritenuta la branca più autorevole e sicura della biologia, ebbe il sopravvento ed oggi abbiamo difficoltà a capire per quali motivi compaiono con insistenza batteriofagi e virus pestilenziali: influenza, poliomielite, ecc.

1. Wessner DR, *The origins of viruses*, Nature Education, 3(9): 37, 2010.

2. McClintock B, *The origin and behavior of mutable loci in maize*, Proc Natl Acad Sci USA, 36:344-355, 1950.

Capacità di riparazione del DNA e mutagenesi

Lo studio sulla riparazione del DNA dei viventi ha riservato una sorpresa: presso i procarioti, e presso i batteri in particolare, esistono vari dispositivi di riparazione del DNA da danni causati da radiazioni ionizzanti (raggi X, raggi gamma) nonché da radiazioni ultraviolette di una lunghezza d'onda molto breve, dispositivi tutti molto efficienti. È stata addirittura individuata una specie batterica resistente a dosi altissime di radiazioni ionizzanti il *Deinococcus radiodurans*³. Simile resistenza pare giustificata dal fatto che i procarioti hanno vissuto in epoche nelle quali le radiazioni nocive per il DNA non erano trattenute dagli alti strati dell'atmosfera come oggi avviene. Tuttavia eventi bellici e incidenti nei reattori nucleari hanno insegnato che anche per gli eucarioti i danni provocati al DNA che non abbiano immediatamente ucciso sono stati riparati e hanno lasciato minima traccia nei discendenti. Per i figli e i nipoti dei giapponesi di Hiroshima e Nagasaki erano state formulate previsioni che non si sono avverare, come hanno dimostrato osservazioni molto attente e non delle vittime e dei soccorritori dopo il disastro della grande centrale di Chernobyl in Ucraina: coloro che erano sopravvissuti ai danni immediati non hanno avuto figli o nipoti modificati da agenti mutageni. Altrettanto è avvenuto per i discendenti modificati dagli agenti mutageni. Concludendo, i danni al DNA causati da accidenti o esperimenti vengono riparati in una percentuale prossima al 100% o, in altri termini, la mutagenesi è un evento endogeno. Questo fatto, o principio, viene qui posto in evidenza perché orienti l'attenzione del biologo ad accertare in quale modo si è esplicata (e continua ad esplicarsi) l'evoluzione stessa e, in particolare, quanto peso possa avere avuto in seguito il caso nel divenire dei viventi.

Il neomalthusianesimo

Veniamo al controllo delle dimensioni della popolazione umana. Nel 1798 Thomas Robert Malthus pubblicò un libro col quale avvertiva che la popolazione umana era cresciuta in modo eccessivo e che era necessario porre rimedio⁴. A quell'epoca, cioè duecentoventi anni fa, la popolazione umana, secondo calcoli attendibili, superava di poco i 900 milioni di persone. La rivoluzione industriale era incominciata, ma le poche macchine a vapore non avvelenavano l'atmosfera. L'avviso di Malthus, ecclesiastico colto in geografia che fondava una nuova disciplina, la sociologia, fu accolto senza discussioni: il sovraffollamento da parte di gente povera nelle città europee era sotto gli occhi di tutti e dal nascente Impero inglese giungevano cattive notizie: in talune isole erano in uso pratiche, anche molto crudele, per limitare un super popolamento non sostenibile.

Anche la tesi avanzata da Malthus, che le popolazioni umane si accrescono secondo leggi geometriche (esponenziali) mentre le sussistenze crescono secondo leggi aritmetiche, appariva corretta a quasi tutti. Ciò che non fu accolto fu il rimedio proposto dal pastore anglicano: la castità. Oggi la popolazione umana è di 8.000.000.000 persone ma circolano 2 miliardi e forse più di veicoli a motore che consumano energia fossile emettendo anidride carbonica in quantità uguale o superiore a quella prodotta da tutti gli esseri viventi. Per il 2050 è prevista ufficialmente una popolazione mondiale di 9 miliardi di persone e solo allora si studieranno eventuali rimedi a una situazione insostenibile da molti secoli.

Gli insetti come soluzione per l'alimentazione mondiale

Veniamo ad un esempio. Quando sono state compiute le previsioni e i programmi per il secolo XXI, gli studiosi della FAO si sono resi

3. Garrity GM, Holt JG, Class I, *Deinococci class. nov.* in Boone DR, Castenholz RW, Garrity GM (eds.), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2nd edn, vol. 1, Springer, New York, 2001: 395-403.

4. Malthus TR, *An essay of the principle of population as it affects the future improvement of society*, J. Jonson in St Paul's Church-yard, London, 1798.

conto che per i 9 miliardi di esseri umani stimati per il 2050 i prodotti dell'intera produzione agricola e dell'allevamento non sarebbero stati sufficienti, bisognava trovare per tempo un adeguato rimedio. La proposta fu quella di ricorrere all'allevamento di insetti che già venivano utilizzati nell'alimentazione in Asia meridionale, in India e Cina in particolare.

La proposta, esaminata e discussa in una tesi di specializzazione presso l'Università di Pisa⁵, appare buona, tanto che l'Istituto Sperimentale delle Tre Venezie si fa carico di studiare i rischi e le cautele da adottare in vista di questa innovazione⁶. Nel 2015 all'esposizione mondiale di Milano, tanto negli stand del Belgio quanto in quelli dei Paesi Bassi, erano esposti i preparati di insetti commestibili. Ma già in quell'anno era chiaro che l'abuso di insetticidi aveva compromesso in modo grave la fauna di insetti e che i pipistrelli soffrivano in modo grave per simile distruzione. Anche le api, che da sempre hanno fornito cibo all'uomo e ad altri animali, diminuivano pericolosamente. Quindi, quel programma non era attuabile e fu abbandonato, ma non sostituito: proprio in questi giorni si è tornato a parlarne.

Resistenza alle radiazioni nocive

Prima di passare alla parte propositiva, è opportuno prendere in considerazione due fatti appurati, ma poco noti, che giustificano una visione ottimistica del futuro.

Un primo fatto riguarda la scoperta di un gruppo di batteri resistenti alle radiazioni. Il primo batterio con tali capacità, *Deinococcus radiodurans*, venne scoperto nel 1956, quando si pensò di usare i raggi gamma per sterilizzare i cibi da conservare in scatola, in luogo di una prolungata bollitura, specialmente in quelle industrie che operano in alta quota dove l'acqua bolle a più

bassa temperatura. Furono impiegate dosi di raggi gamma molto alte, migliaia di volte più intense di quelle impiegate nei casi più comuni. L'esito di quella prova fu, a dir poco, stupefacente: una specie batterica era in grado di riparare eventuali danni e di riprodursi. Una tolleranza mai nemmeno immaginata. Gli studiosi si domandarono quale situazione ambientale avesse potuto produrre simili risultati. La domanda non ebbe risposta soddisfacente, alcuni fatti suggerivano che la comparsa di questo superbatterio non fosse tanto antica. Successive ricerche hanno poi rivelato che altri batteri capaci di vivere in ambienti asciutti, o addirittura polverosi, presentavano uguale tolleranza; non solo, anche alcune specie di archei possedevano uguale tolleranza⁷.

Questa serie di fatti ci rassicura che anche la più violenta guerra con armi nucleari non distruggerà mai del tutto la vita sul nostro pianeta: batteri e archei non saranno mai distrutti, ma gli eucarioti, quelli sì, spariranno. Si salveranno forse quelli che si trovano a grande profondità, per poi morire in un ambiente profondamente alterato.

Una modesta consolazione, penserà qualche lettore. Bisognerà attendere altri miliardi di anni prima che possano ricomparire organismi di complessità pari agli animali e alle piante che oggi ci circondano.

Altre circostanze, meno sicure di quelle appena esposte, ci permettono un cauto ottimismo anche per l'umanità, purché siano attuate subito, già nel 2023. Intorno alla metà del secolo scorso, in molte città industrializzate l'inquinamento aveva raggiunto livelli non più tollerabili, mi riferisco in particolare a Londra e Los Angeles. La nebbia che gravava sulla capitale inglese veniva descritta come "zuppa di piselli", sicché in quelle città furono presi provvedimenti radicali che nel volgere di un decennio cambiarono in meglio molte cose. Simili interventi furono adottati anche altrove,

5. Vedi ad es. Trimarchi D, *Insetti edibili: rischi alimentari e aspetti normativi*, Univ. Pisa, Dip. Sc. Veterinarie, Scuola di Specializzazione in Ispezione

alimenti di origine animale, 2015-16.

6. <https://www.izsvenezie.it/temi/alimenti-sicuri/insetti-edibili/>

7. Vedi la review di Gabani P e Singh OV, *Radiation-resistant extremophiles and their potential in biotechnology and therapeutics*, Applied Mi-

crobiology & Biotechnology, 97(3):993-1004), 2013 che fornisce anche precisazioni sui composti che consentono la resistenza alle radiazioni.

ma era chiaro, anche ad alcuni industriali, che il fenomeno andava affrontato su scala mondiale.

Il club di Roma

Questa associazione nacque nell'aprile 1968 come organismo non governativo e non profit per iniziativa e per merito dello studioso scozzese Alexander King e dell'imprenditore italiano Aurelio Peccei (successivamente amministratore delegato della Olivetti). Subito ad essa aderirono scienziati illustri, più d'uno dei quali laureato Nobel, ma anche uomini politici assai noti, economisti e industriali. Nel 1970 perfino Nixon negli USA e Fanfani in Italia fecero della campagna contro l'inquinamento la loro bandiera.

Cito da un articolo di Giorgio Nebbia⁷:

Un Club di Roma commissionò ad alcuni studiosi del Massachusetts Institute of Technology degli Stati Uniti uno studio sul futuro, sulle sfide dell'umanità. La domanda posta agli studiosi era, più o meno: se veramente siamo di fronte ad un aumento della popolazione sempre più rapido, ad una crescente domanda di minerali, cibo, acqua, fonti di energia, se veramente sta aumentando l'inquinamento del pianeta, che cosa si può fare per fermare questa tendenza? Il risultato dello studio, che apparve sotto forma di libretto nella primavera del 1972, col titolo *Limits to growth* era più o meno il seguente: "se" la popolazione mondiale continuasse a crescere al ritmo di quegli anni settanta, la crescente richiesta di alimenti impoverirebbe la fertilità dei suoli, la crescente produzione di merci farebbe crescere l'inquinamento dell'ambiente, l'impoverimento delle riserve di risorse naturali (acqua, foreste, minerali, fonti di energia) provocherebbe conflitti per la loro conquista; malattie, epidemie, fame, conflitti non solo frenerebbero la crescita della popolazione, ma ne provocherebbero una traumatica diminuzione. Il libro concludeva che, per evitare catastrofi, epidemie, guerre, sarebbe stato necessario rallentare, porre dei limiti, "frenare" la crescita della popolazione,

dell'estrazione di materiali e risorse dalla natura, della produzione agricola e industriale. La "crescita", *growth* appunto, che non ha niente a che vedere con lo sviluppo, fu indicata come la fonte dei guai presenti e futuri del pianeta, il "male" da mettere in discussione e sottoporre a "limiti", da frenare.



Nella primavera del 1973 i finanziamenti alla lotta contro l'inquinamento furono troncati. Il Club di Roma sopravvisse, ma con nome mutato a Vienna dove Peccei si era trasferito. Negli USA e in Italia la Confindustria riprese le redini del gioco. Mentre l'11 settembre in Cile prese il potere Pinochet.

La tregua sull'ambiente dovuta al lockdown della primavera 2020 conseguente alla comparsa del virus della pandemia COVID

Dal marzo del 2020, nel mondo intero la gente si è trovata trincerata in casa per almeno qualche mese dopo l'inizio della pandemia da coronavirus COVID19: il traffico dei 2 miliardi di veicoli a motore azionati da combustibili fossili si è ridotto a molto poco. Parallelamente a una momentanea riduzione dell'accrescimento della temperatura globale, si è verificata una tregua nelle più gravi anomalie climatiche.

7. Nebbia G, *Gli anni della speranza: la primavera dell'ecologia*, Giano, 11(32):125-143, 1999.

Simile tregua suggerisce di programmare un piano per arrestare la crescita della popolazione umana, che non sia rovinoso. Tale riduzione progressiva, costante nel tempo, può fermare la produzione di nuovi e vecchi virus che tendono a questo stesso scopo e per i quali l'umanità ha sofferto più che per le guerre: influenza "spagnola" ed encefalite letargica, poliomielite e COVID, malattie che minacciano di cronicizzarsi causando sofferenze e danni economici crescenti alle nuove generazioni. Allo stesso tempo, tale tregua frenerebbe la prospettiva di aggravamento di una carestia universale, dovuta alla fatale diminuzione delle risorse (cibo, acqua e perfino aria da respirare), determinato dall'avvelenamento di suolo, acqua e atmosfera.

Questa prospettiva può essere accolta con fiducia, analizzando con estremo rigore quali siano gli elementi che è più conveniente attuare e quanto lunga la durata di tale tregua: una sperimentazione di alcuni mesi già nel 2023 permetterebbe di individuare le misure più razionali ed efficaci.

Durata della riduzione dell'accrescimento numerico

I programmi di riduzione dell'accrescimento numerico saranno agevolati da un trend evolutivo già in atto ed evidente nelle ultime generazioni in Europa: l'aumento della sterilità maschile e femminile è palese ed innegabile, anche se per esso non si hanno statistiche decenti, né chiari indicatori delle cause che lo determinano.

In conclusione, va ribadita la necessità di un'immediata tregua nel consumo delle risorse del pianeta, indispensabile per frenare l'avanzata delle carestie di cibo e acqua, per ridurre le sofferenze che verranno altrimenti provocate dall'ulteriore, fatale diminuzione delle risorse in un inevitabile circolo vizioso. Vanno fermati sprechi, consumi inutili e mancanza di controllo sull'inquinamento; basti pensare alle enormi risorse che oggi vengono dissipate, ad esempio, per costruire portaerei da guerra con testate atomiche assai più costose di viaggi nello spazio.

Se in un'ottica universale una porzione di energia sarà messa a disposizione di tutto l'insieme

dei viventi, e non solo dell'umanità, se verranno ripresi quei programmi che anni fa andavano alla radice delle cause della desertificazione e che sono stati bloccati da egoismi locali, allora potranno diminuire le probabilità che la riduzione della popolazione venga affidata alle armi atomiche.

Gli ambiziosi progetti di ottenere energia "pulita" da processi di fusione atomica, processi nei quali sono state raggiunte temperature di 108 gradi Kelvin, hanno cominciato a dare risultati promettenti nel Regno Unito, in Francia e altrove. La prospettiva della creazione di centrali che possano fornire energia tanto grande non è lontana, forse mancano pochi anni. Purtroppo, ciò che abbiamo sotto gli occhi fa temere che queste centrali divengano obiettivo vulnerabile da parte di qualche Stato ostile o inadempiente.

Alla fin fine, un generatore di energia da fusione nucleare adeguato a tutte le esigenze del nostro pianeta già c'è: il Sole. L'energia solare è certamente disponibile in quantità enorme e resta la fonte più pulita e sicura e meritevole di programmi più generali.

In sintesi, una tregua sull'impatto ambientale già dal 2023 – cosa nella quale sono generosamente impegnati i sostenitori della biodiversità – è indispensabile per assicurare un avvenire meno traumatizzante alle prossime generazioni, e perché l'insieme dei viventi, e non solo dell'umanità, possa contare su una prolungata possibilità di vivere e lavorare senza temere l'ira degli elementi. ●

