

naturalmente scienza

giugno 2020

anno 1

numero 0

quadrimestrale

In questo numero:

IN PRIMO PIANO: *Effetti collaterali della vita* di Fabio Fantini • *L'insostenibile leggerezza dei modelli previsionali* di Fabrizio Bianchi • *Il medico osserva...* di Antonio Cambi • *I mercati sono intelligenti?* di Maria Turchetto • RITRATTO DI FAMIGLIA • FOCUS: *La superiorità mentale della donna* di Marirosa Di Stefano • *Il sesso del cervello* di Catherine Vidal • UNO SCATTO ALLA NATURA • CONTRIBUTI: *Giuseppe Levi, le balene, il pesce luna e i gangli cerebrospinali* di Marco Piccolino e Antonio Barasa • *Henry Dunant e le origini della Croce Rossa* di Luciano Luciani • *Le neuroscienze nella Bibbia e nel Talmud* di Moshe Feinsod • *Classificare le piante: Andrea Cesalpino* di Silvia Fogliato • *Dal mare le lezioni della natura* di Ferdinando Boero • FARE SCUOLA

Redazione

Giambattista Bello
Luciana Bussotti
Francesca Civile
Fabio Fantini
Luciano Luciani
Lucia Stelli
Vincenzo Terreni
Lucia Torricelli
Maria Turchetto

Informazioni e contatti

<https://www.naturalmentescienza.it>
redazione@naturalmentescienza.it
+39 349 6396739

Proprietà della restata

Vincenzo terreni

Direttore responsabile

Sandra Borghini

Impaginazione

Maria Turchetto

EDIZIONI ETS
Palazzo Roncioni,
Lungarno Mediceo, 16 - 56127 Pisa

Distribuzione

Messaggerie Libri SPA
via G. Verdi, 8 -20090 Assago (MI)

Promozione

PDE PROMOZIONE SRL
via Zago 2/2 - 40128 Bologna

In attesa di registrazione presso il Tribunale di Pisa

Prezzi e condizioni di abbonamento

singolo fascicolo formato PDF	€ 5,00
singolo articolo formato PDF	€ 2,00
singolo fascicolo cartaceo	€ 11,00
abbonamento annuale privato (3 numeri) formato PDF	€ 10,00
abbonamento istituzionale (3 numeri) formato PDF	€ 15,00
abbonamento annuale privato (3 numeri) cartaceo	€ 25,00
abbonamento istituzionale (3 numeri) cartaceo	€ 35,00

Indirizzare i pagamenti a
ETS BANCA C. R. FIRENZE Filiale di Pisa
IBAN IT97X0616014000013958150114

editoriale

Nel 2014 Enrico Pappalettere scriveva nell'editoriale di presentazione di *Naturalmente-nuova edizione* le righe che seguono:

“Ai nostri governanti, si sa, la scienza interessa poco o niente e tanto meno la rete di connessioni esistente fra scienza e cultura. Da tempo il Paese è soffocato da una spessa nebbia di barbarie: le argomentazioni pacate sono state sostituite da un chiacchiericcio vuoto di contenuti, dubbi personaggi propongono, senza portare il minimo dato sperimentale, medicine miracolose e molti cittadini preferiscono affidarsi a talismani, segnature, pentacoli per liberarsi dalle malattie o dalla mala sorte, tanto che alcuni intellettuali pensano stia facendosi largo un nuovo Medioevo”.

Sembra impossibile che in sei anni la situazione non solo non sia migliorata, ma ci abbia addirittura portato a ciò che solo pochi anni fa ci sarebbe sembrato impensabile: vedere esibita quale titolo di merito la rivendicazione arrogante della propria ignoranza. Le voci che si oppongono all'ignavia culturale e cercano di rivalutare l'impegnativa acquisizione di conoscenze attraverso percorsi di studio, richiamando al rispetto dei principi logici alla base del raziocinio, non mancano, ma mostrano limiti di attrattiva allorché richiedono uno sforzo intellettuale critico, merce che comincia a scarseggiare nel pur vasto mercato globale. E però non esiste altra via, se vogliamo recuperare un terreno di discussione fruttuoso, che quella di fare funzionare quel chilo e mezzo di materia molliccia all'interno della nostra scatola cranica, un organo del quale non manchiamo di dichiararci orgogliosi ma al cui esercizio non prestiamo sempre la dovuta cura.

È per questo motivo che abbiamo deciso di fornire il nostro contributo, singolo e collettivo, per riscoprire il piacere di approfondire conoscenze e di saggiare con curiosità le novità più stimolanti proposte dalla ricerca e dalla speculazione teorica in campi disciplinari che spaziano dall'ambito umanistico a quello scientifico. Il progetto di *NATURALMENTE Scienza* è quello di costruire una rivista che riprenda l'impegno culturale e civico di *Naturalmente* per offrire materiali di riflessione e di dibattito orientati a mettere in luce le connessioni tra le scienze sperimentali e altri campi del sapere. Sempre nel solco della stessa attenzione che ha caratterizzato *Naturalmente*, uno sguardo non superficiale sarà rivolto alla scuola, in particolare alla riflessione sui modi e sugli strumenti dell'insegnamento delle scienze.

Allora come ora ci accompagna e sostiene l'Editore ETS di Pisa, che curerà la parte amministrativa e la distribuzione in rete dei numeri (per il momento quadrimestrali) in formato digitale (per chi proprio non può fare a meno della carta, lo stesso Editore fornirà, dietro espressa richiesta, anche questo formato). Abbiamo stabilito un costo quasi simbolico per l'abbonamento annuale, per consentire la massima diffusione: una cifra modesta che però ci aiuterà a sostenere gli impegni senza troppi sacrifici personali. ●

SOMMARIO

IN PRIMO PIANO

Effetti collaterali della vita <i>di Fabio Fantini</i>	5
L'insostenibile leggerezza dei modelli previsionali <i>di Fabrizio Bianchi</i>	11
Il medico osserva... <i>di Antonio Cambi</i>	14
I mercati sono intelligenti? <i>di Maria Turchetto</i>	17

RITRATTO DI FAMIGLIA

Dermochelydae <i>di Elvira Antonucci</i>	20
---	----

FOCUS: IL SESSO DEL CERVELLO

La superiorità mentale della donna <i>di Marirosa Di Stefano</i>	25
Il sesso del cervello <i>di Catherine Vidal</i>	33

UNO SCATTO ALLA NATURA

Il pesce luna prende il sole <i>di Giambattista Bello</i>	38
--	----

CONTRIBUTI

Giuseppe Levi, le balene, il pesce luna e i gangli cerebrospinali <i>di Marco Piccolino e Antonio Barasa</i>	41
Henry Dunant e le origini della Croce Rossa <i>di Luciano Luciani</i>	49
Le neuroscienze nella Bibbia e nel Talmud <i>di Moshe Feinsod</i>	52
Classificare le piante: Andrea Cesalpino <i>di Silvia Fogliato</i>	59
Dal mare le lezioni della natura <i>di Ferdinando Boero</i>	64

FARE SCUOLA

Didattica a distanza <i>Maria Arcà risponde alle domande della redazione</i>	74
Qualche sprazzo di riflessione "sull'avvenire delle nostre scuole" <i>di Paolo Guidoni</i>	78

in primo piano

Effetti collaterali della vita

1ª parte

Fabio Fantini

Privi di metabolismo, i virus sono ugualmente capaci di riprodursi sfruttando il macchinario metabolico di cellule ospiti. Con il minimo indispensabile di struttura, vale a dire l'informazione biologica per costruire copie di sé e un involucro protettivo capace anche di aderire alla membrana della cellula ospite, i virus hanno raggiunto il massimo di efficienza biologica possibile: moltiplicazione rapida e numerosa a spese totalmente altrui. Che i virus siano presenti sulla Terra da prima dell'antenato comune a tutti i sistemi viventi, oppure derivino da acidi nucleici sfuggiti da cellule e poi evolutisi autonomamente, oppure ancora siano originati dalla degenerazione di batteri parassiti endocellulari, la loro comparsa era comunque inevitabile in uno scenario in cui le soluzioni riproduttive più efficienti sono invariabilmente premiate dalla selezione naturale.

Mi sarebbe piaciuto suggerire questo titolo a George Perec, se lo avessi incontrato nell'arco di tempo in cui entrambi siamo stati in vita (e lui avesse avuto voglia di dare ascolto a uno sciocco importuno). Visto, però, che quell'intersezione si è conclusa da qualche decennio, ne farò un uso meno elevato per questa divagazione sui virus.

Come sono fatti i virus

Anche se, in questo periodo di pandemia, tutti sappiamo ormai come è fatto un virus e come si riproduce, vorrei ripeterlo per sottolineare alcune caratteristiche di questi oggettini biologici (tra breve tornerò su questa definizione). Un generico virus è formato da un filamento di acido nucleico protetto da un astuccio proteico che prende il nome di capside. Poiché il tratto distintivo della biologia è la sconfinata variabilità dei suoi oggetti



di studio, non ci sorprenderà sapere che esistono virus di praticamente ogni tipo concepibile. E ciò grazie alle combinazioni delle molteplici variazioni con cui possono presentarsi i pochi componenti della semplice struttura virale. Ecco così, per limitarci ai parametri principali, che l'acido nucleico può essere DNA o RNA, a filamento singolo o doppio; e, se il filamento è singolo, la successione orientata dei nucleotidi può essere senso o antisenso; mentre le proteine che formano il capsido possono formare strutture tridimensionali a simmetria icosaedrica, elicoidale oppure assemblarsi in modo asimmetrico; a volte il capsido può contenere anche un enzima chiamato trascrittasi inversa, a volte può inglobare lipidi, altre volte può addirittura essere assente. Questo parziale elenco serve giusto per dare un'idea, preferisco lasciare all'appassionato entusiasmo dei virologi ogni ulteriore approfondimento in materia.

In termini di dimensioni lineari, un tipico virus è circa cento volte più piccolo di una cellula batterica e circa mille volte più piccolo di una cellula eucariotica. Ciò significa che, in termini di volume, servono diecimila virus per pareggiare il volume (e la massa) di una cellula procariotica; e che ne servono un milione per fare pari con una cellula eucariotica.

A questo punto sarà diventato chiaro l'uso del diminutivo "oggettini", ma perché ricorrere a un appellativo diverso da sistemi viventi? Se sono biologici, qualcosa a che fare con la vita i virus ce l'hanno. O no? Certo che ce l'hanno, ma non tanto da consentire un'identificazione completa con i sistemi viventi. Detto nei termini più concisi possibili, i virus sono fatti di molecole biologiche, si riproducono, ma sono privi di metabolismo. L'assenza di metabolismo potrebbe provocare un moto di compassione e farci pensare ai virus come sfortunati, lontani parenti minorati di noi sistemi viventi a pieno titolo. Provate a considerare, però, anche i vantaggi di non avere

un metabolismo. Solo per dirne una, buio, freddo, mancanza di cibo vi farebbero un baffo. Potreste mantenere indefinitamente l'integrità della vostra struttura, magari aggregati con miliardi di altre copie simili a voi in una forma a tutti gli effetti cristallina, caratterizzata dalla regolare ripetizione spaziale delle unità fondamentali (una delle quali sareste voi, come avrete capito). Con la pazienza tipica dei cristalli, confidando di non essere investiti da radiazioni ad alta frequenza né di capitare in un ambiente troppo caldo, potreste aspettare il momento opportuno. Già, opportuno per che cosa? Ma per riprodurvi, ovviamente! Non mi dite che, persi nella placida successione ordinata di piani e filari del cristallo ve ne eravate dimenticati!

Se foste veramente un virus, a parte il fatto che non perdereste tempo a leggere queste righe, a questo punto comincereste a chiedervi come potete riprodurvi, dato che siete privi di metabolismo. Perché essere un oggettino biologico ha i suoi vantaggi, va bene, ma mica si può esagerare con l'inerzia cristallina. La soluzione è a portata di mano, coraggio! Basta trovare qualcuno dotato di metabolismo che faccia il lavoro per voi. Certo, dovrete opportunamente convincere il vostro ospite, ma, come si dice, non si servono pasti gratis, occorre darsi da fare e rinunciare a qualcosa. Nel vostro caso, il qualcosa è rappresentato dal capsido, che lascerete sulla superficie esterna o demolirete all'interno dell'ospite prescelto (o meglio, dell'ospite al quale le proteine del vostro capsido vi hanno permesso di aderire) dopo che avrà svolto il proprio ruolo di fare penetrare all'interno dell'ospite l'acido nucleico, eventualmente accompagnato da qualche proteina di supporto (figura 1).

Infezione delle cellule ospiti

Nella cellula ospite troverete l'ambiente molto più vivace che nel cristallo nel quale avete trascorso il periodo precedente. Il vostro acido nucleico si

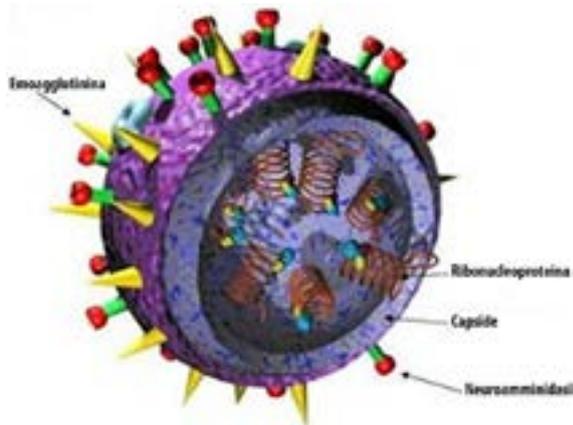


Figura 1. Un tipico virus a RNA che infetta cellule eucariotiche. L'emoagglutina è una proteina che aderisce specificamente ai recettori cellulari. La neuroaminidasi è una proteina capace di favorire la penetrazione del virus nella cellula.

fonte:<http://leonieleoni.blogspot.com/2011/12/i-virus.html>

troverà come a casa propria: potrà scegliere se darsi da fare subito a comandare enzimi e ribosomi per utilizzare tutto quel ben di dio presente nella cellula e formare copie di se stesso insieme a nuovi capsidi pronti ad accogliere queste copie; oppure se inserirsi comodamente all'interno del DNA dell'ospite, farsi un metaforico sonnellino lungo anche qualche generazione, per poi tirarsene fuori e iniziare la propria attività quando sarà il caso. E anche se il vostro acido nucleico avesse scelto la pigra strada dell'inserimento nel DNA ospite, a riprodurlo nel frattempo penserebbe l'ospite stesso: a ogni divisione cellulare, ciascuna delle cellule figlie riceverebbe una copia completa del DNA genitoriale, DNA virale compreso. Purtroppo, quando vi riproducete all'interno della cellula ospite le sottraete molecole essenziali per il suo metabolismo, e non le farete un gran bene. Come accennato poco sopra, però, tutto ha un prezzo, e meglio che a pagarlo sia il vostro pur cortese ospite piuttosto che voi. Dalla cellula infettata, che in genere muore o rimane comunque danneggiata, i vostri discendenti sono pronti a riprendere il ciclo infettivo e questo è ciò che conta.

La breve descrizione della riproduzione virale che ha occupato le righe precedenti ci porta a una considerazione e a una domanda. Andiamo con ordine. La considerazione riguarda la difficoltà definitoria posta dai virus: sono o non sono sistemi viventi? Dovrebbe essere chiaro che, come spesso succede, le difficoltà andiamo a cercarle con la nostra smania di categorizzazioni perentorie. Con qualche presunzione, riteniamo che le categorie mentali da noi usate per assegnare etichette agli oggetti della nostra conoscenza corrispondano, per dirla con Richard Boyd¹, alla struttura causale del mondo, cioè alle sue articolazioni profonde. Ci comportiamo un po' come quando, osservando un territorio, individuiamo un confine in corrispondenza di una valle o di un crinale e ignoriamo che in profondità una faglia tettonica taglia quello stesso territorio in modo diverso. La distinzione netta che tracciamo tra viventi e non viventi non ha un corrispettivo equivalente nelle articolazioni del mondo naturale, come i virus stanno impietosamente a dimostrarci.

Origine dei virus

La domanda riguarda l'origine dei virus. Ormai è chiaro che i nostri «oggettini biologici» sono parassiti perfetti. Equipaggiamento ridotto al minimo essenziale, massimo risultato riproduttivo con il minimo sforzo metabolico, cioè zero (tanto lo fanno altri). Da dove vengono, allora, i virus? La loro struttura minimale fa pensare a un prodotto dell'evoluzione prebiotica, più antico delle prime cellule. D'altra parte, l'impossibilità di riprodursi in assenza di cellule contrasta con questa possibilità. Attualmente sono in discussione tre ipotesi principali, che elenco di seguito.

Ipotesi "dell'origine antica". I virus risalirebbero a prima dell'antenato comune di tutti i viventi. In particolare ci sarebbe stata una fase di evoluzione pre-cellulare di elementi genetici primordiali, in

1. Boyd R, *Metaphor and theory change: what is 'Metaphor' a metaphor for?*, in *Metaphor and thought*, edited by Ortony A, Cam-

bridge University Press, 1979 (traduzione italiana in Boyd R, Kuhn T S, *La metafora nella scienza*, Milano, Feltrinelli, 1983).

grado di autoreplicarsi, da cui successivamente si sarebbero evolute sia le cellule sia i virus. I virus primitivi si sarebbero quindi formati prima delle prime cellule, delle quali in seguito sarebbero diventati parassiti.

Ipotesi “della fuga”. I virus deriverebbero da acidi nucleici “sfuggiti” da cellule e che si sarebbero poi evoluti indipendentemente. I virus potrebbero essere derivati da elementi genetici cellulari, come plasmidi o trasposoni, per i virus a DNA, e mRNA o retrotrasposoni per i virus a RNA. Questi elementi genetici sarebbero poi diventati in grado di codificare la sintesi di un rivestimento proteico e di sfruttare le cellule per replicarsi.

Ipotesi “regressiva”. I virus sarebbero forme degenerate di cellule originate da batteri parassiti endocellulari (come le clamidie) che si sono evoluti perdendo le caratteristiche cellulari e

acquisendo sempre maggiore dipendenza dalla cellula ospite.

I dati attualmente disponibili indicano che i virus più antichi risalgono ad almeno tre miliardi di anni fa, ma non gettano luce sui periodi precedenti. Qualche elemento in più è giunto pochi anni fa grazie alla scoperta di un plasmide, chiamato con la sigla pR1SE, presente in un archebatterio antartico (figura 2) (*Halorubrum lacusprofundi*, per la cronaca)². pR1SE codifica per proteine che si trovano nella membrana di vescicole che racchiudono il plasmide stesso. Le vescicole fuoriescono dalla cellula e sono capaci di infettare archebatteri di altri ceppi privi del plasmide, i quali a loro volta diventano capaci di produrre le vescicole che trasportano pR1SE. Il plasmide pR1SE può integrarsi nel genoma dell’ospite, essere replicato con la divisione cellulare e poi staccarsi dal cromosoma

batterico trascinandone con sé alcuni frammenti, formare nuove vescicole e trasferirsi a nuovi ospiti. Non può sfuggire la somiglianza del comportamento di pR1SE con quello dei virus, un forte indizio a supporto della connessione evolutiva tra plasmidi e virus sostenuta dall’ipotesi “della fuga”.

La ben nota e ironica (almeno fino a un certo punto!) Legge di Murphy (“Se qualcosa può andare male, prima o poi lo farà”) sembra pensata su misura per i virus. I processi selettivi favoriscono,



Figura 2. Il lago antartico in cui è stato rinvenuto il batterio *Halorubrum lacusprofundi*, contenente il plasmide pR1SE.

fonte: <https://www.newscientist.com/article/2144518-antarctic-mystery-microbe-could-tell-us-where-viruses-came-from/>

2. Erdmann S, Tschitschko B, Zhong L, Raftery M J, Cavicchioli R, *A plasmid from an Antarctic haloarchaeon uses*

specialized membrane vesicles to disseminate and infect plasmid-free cells, Nature Microbiology vol. 2:1446–1455, 2017.

ciecamente ma ineluttabilmente, l'emergere delle strategie più efficienti. Per un parassita, maggiore efficienza significa massimo potenziale riproduttivo con il minimo costo energetico. I danni per l'ospite non sono conteggiati in questo bilancio.

L'evoluzione di parassiti perfetti come i virus è un evento obbligato nella biosfera, un effetto collaterale inevitabile della vita. A volte, parafrasando Voltaire, si usa l'espressione "se non ci fosse stato, sarebbe stato necessario inventarlo" per riferirsi a un oggetto o a una persona ritenuta indispensabile. Per i virus, si potrebbe affermare che, se non fossero esistiti, si sarebbero comunque evoluti, prima o poi, perché i meccanismi stessi della vita, selezione naturale in testa, favoriscono la comparsa della nicchia ecologica dei parassiti ametabolici.

I virus nella biosfera

Quale sia stata l'origine dei virus, ammesso che sia stata unica (la Legge di Murphy può applicarsi contemporaneamente in più contesti), il legame dei virus con il mondo dei viventi è indissolubile. Un aspetto di questo legame è fornito dai processi di coevoluzione che interessano i virus e i loro ospiti, resi evidenti dalla graduale convergenza della letalità dell'infezione e della resistenza degli ospiti verso una condizione di equilibrio di media morbilità. Un secondo aspetto, spesso trascurato ma non meno importante, consiste nella rilevante presenza di DNA virale nel genoma degli ospiti. Il genoma umano, per esempio, contiene circa l'8% di DNA virale³, in gran parte derivato da eredità ancestrali.

Presenza e ruolo dei virus nella biosfera non sono affatto trascurabili. Secondo le stime più accreditate⁴, ai virus sono ascritte 0,2 Gt C (giga tonnellate di Carbonio), circa lo 0,04% del totale

(figura 3). Se sembra una porzione trascurabile, tenete presente che la biomassa della specie umana conta per poco meno di un terzo di quella virale. La presenza dei virus in tutti gli ecosistemi⁵ è stata pienamente apprezzata solo in tempi recenti e ha messo in evidenza il loro ruolo nella velocizzazione del ciclo della materia e nell'andamento dei cicli biogeochimici⁶. ●

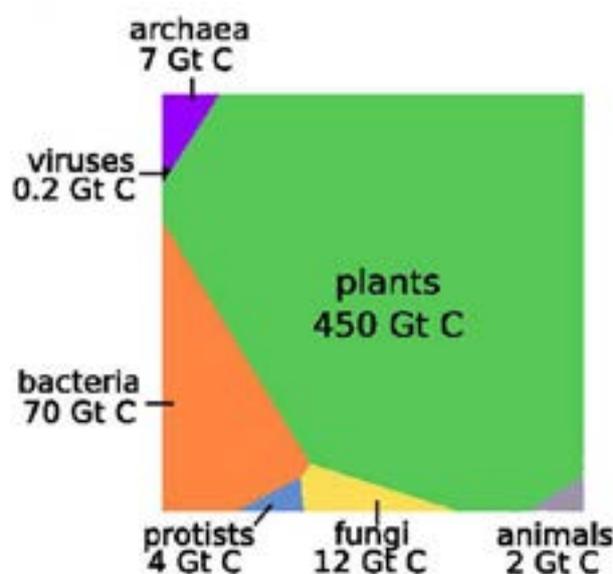


Figura 3. La biomassa della biosfera ripartita nei sei regni dei viventi più i virus.

fonte: Bar-On Y M., Phillips R, Milo R, *The biomass distribution on Earth*, PNAS 115 (25), 6506-6511, 2018.

[La seconda parte dell'articolo comparirà nel prossimo numero della rivista](#)

3. Halo Wildschutte J, Williams Z H, Montesion M, Subramanian R P, Kidd J M, Coffin J M, *Discovery of unfixed endogenous retrovirus insertions in diverse human population*, PNAS 113 (16):E2326-34, 2016.

4. Bar-On Y M., Phillips R, Milo R, *The biomass distribution on Earth*, PNAS 115 (25):6506-6511, 2018.

5. Danovaro R, Dell'Anno A, Corinaldesi C, Magagnini M, Noble R, Tamburini C, Weinbauer M, *Major viral impact on the functioning of benthic deep-sea ecosystems*, Nature 454:084-1087, 2008.

6. Wilhelm S W, Suttle C A, *Viruses and Nutrient Cycles in the Sea: Viruses play critical roles in the structure and function of aquatic food webs*, BioScience, Volume 49, Issue 10:781-788, 1999.

Ilaria Capua

Salute circolare. Una rivoluzione necessaria

EGEA Editore, 2019, 118 pagine, EAN: 9788823837386



Un suggerimento di lettura (i tempi consentono largamente!). Questo libretto, che si scorre piacevolmente e senza particolari difficoltà, ricostruisce alcune tappe fondamentali di storia della medicina, da Ippocrate ai giorni nostri, che la Capua ripercorre – in forma di intervista, preceduta e seguita da considerazioni filosofiche di U. Curi – mettendo a fuoco una sua idea-base: la salute è equilibrio di relazioni tra realtà biologiche interne ed esterne (ambiente, cibo, clima, ma anche contesto sociale e relazioni interumane). La parte principale, e più corposa, del testo è quella che si snoda nei capitoli che l’Autrice numera da -7 a 0. I personaggi che attirano la sua attenzione sono quelli le cui “scoperte” sono legate al loro essere uomini (poche le donne...) dotati di molteplici identità culturali e geografiche, che hanno influenzato le loro ricerche. Spesso, le loro risposte ai problemi vengono dal confronto spregiudicato con la tradizione e con la casualità. Personaggi che lei chiama NL, “non lateralizzati”: “Il NL sa che destra e sinistra sono solo in testa, sono una congettura e non una caratteristica intrinseca delle cose”. Fracastoro, Vesalio, Leewenhoeck... sono persone che hanno incrociato la ricerca biomedica con altre arti, linguaggi, competenze tecniche, dalla grafica dell’incisione alla costruzione di lenti. Il riferimento implicito è alla *Struttura delle rivoluzioni scientifiche* di Kuhn: una nuova impostazione si condensa, a volte per caso, comunque in una fase in cui il paradigma tradizionale non basta più a rispondere a domande e osservazioni nuove. In questa situazione occorre libertà mentale per mettere alla prova ipotesi apparentemente stravaganti e certamente impopolari. La vaccinazione di Jenner, le cellule di Virchow, le muffe di Fleming presuppongono questa apertura mentale, che serve poi ad ampliare gli orizzonti della scienza e del senso comune.

Lettura piacevolissima, utilizzabile anche in ambito scolastico, mi ha lasciato forse un po’ delusa la parte, più bre-

ve, sulle sfide attuali. La Capua enuncia alcuni percorsi possibili e necessari, dal suo punto di vista di virologa (e di studiosa di epidemiologia, mi pare). Certo, i big data a nostra disposizione (insomma, qualcuno ne ha la disponibilità!) potrebbero velocizzare straordinariamente lo studio e la previsione di patologie individuali e di massa, dell’espansione delle epidemie, delle condizioni ambientali e climatiche che possono favorire o rallentare i meccanismi patologici; lì potremmo trovare risorse per dare il massimo di trasparenza e di generalità all’informazione sanitaria, E allora, mi chiedo, come mai pare che questi big data li usino solo i pubblicitari delle aziende multinazionali per proporci cose da comprare? La Capua, in effetti, ha mostrato concretamente che cosa va fatto, rendendo di pubblico accesso, nel 2006, la sequenza genetica del ceppo africano di un virus influenzale da lei “srotolato”. D’altra parte, vede e riconosce che c’è anche una difficoltà strutturale nell’attuale ricerca biomedica, che si potrebbe far risalire addirittura a Galilei e contemporanei: è il processo di verticalizzazione e di specializzazione seguito alla nascita della scienza moderna. Probabilmente, con una struttura di questo tipo, l’enorme disponibilità di dati rappresenta anche un rischio di ulteriore dispersione e settorializzazione. Quella visione d’insieme che aveva consentito a Ippocrate e ad altri studiosi della salute e della malattia di vedere l’essere umano come un tutto più o meno armonico e la sua collocazione nel mondo naturale come una rete di relazioni che incidono su salute e malattia, si è andata trasformando nella conoscenza estremamente dettagliata di un piccolo settore, e nella crescente difficoltà di affacciarsi sulle specializzazioni altrui e interagire con esse. Certo ci sono anche problemi di concorrenza e di finanziamenti, che limitano la naturale necessità dei ricercatori di mettere in comune i loro risultati. Insomma, mi pare che, almeno in questo libro, la brava Capua glissi un pochino su complicazioni e contraddizioni delle conoscenze scientifiche, specie mediche, del nostro tempo.

Dovrei e vorrei leggere altro di suo. Ilaria Capua è una professionista brillante, una buona comunicatrice, anche su alcuni problemi posti alla virologia e alla epidemiologia dalla diffusione del Covid19. Ho sentito qualche sua intervista di recente, seria e ben argomentata come non tutti i suoi colleghi riescono a fare in tempi di allerta pandemia. In esse, da un lato collegava l’esplosione della pandemia al salto del virus da un animale selvatico all’uomo, processo analogo a quello che, in epoca molto antica, ha portato il morbillo dai bovini allevati dai primi agricoltori, agli umani, grazie al quale Jenner, a fine ’700, ha potuto utilizzare il siero delle mucche ammalate per mettere a punto il vaccino per il vaiolo. Processo facilitato e accelerato da trasformazioni di diversissimo tipo, come le modificazioni dell’habitat naturale di molti animali, il mercato legale e illegale di animali selvatici, la densità abitativa delle grandi metropoli, l’aumentata velocità degli spostamenti di merci e di persone in tutto il mondo. E insomma, anche nel nostro caso, la salute è *circolare*.

Francesca Civile

L'insostenibile leggerezza dei modelli previsionali

Fabrizio Bianchi

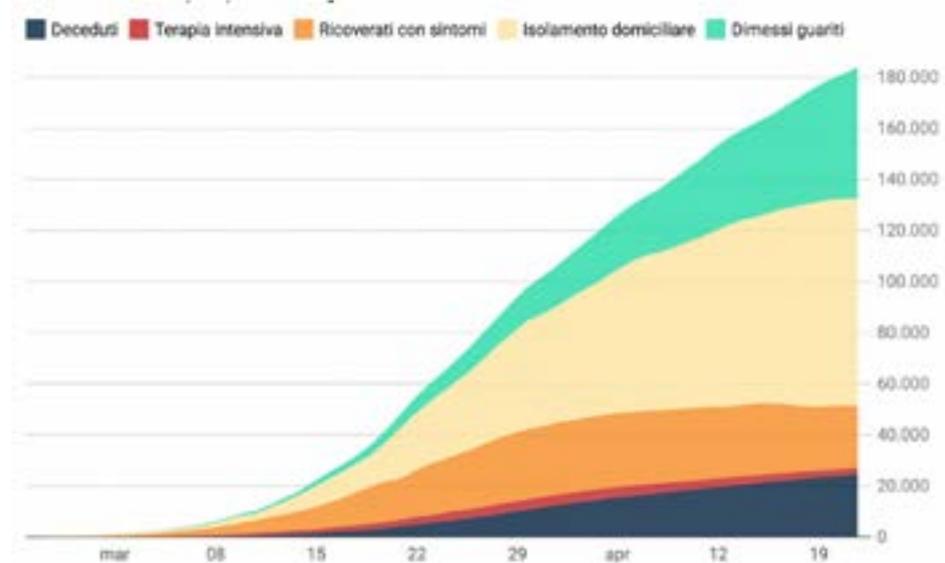
Fare previsioni sul breve termine non è difficile, lo è dare indicazioni di lungo respiro, se non accettando ampi margini di incertezza. Non mancano modelli sofisticati e buoni modellisti, il problema è alimentare questi modelli con dati realmente significativi in presenza di un nuovo virus e di frequenti cambiamenti dei protocolli di rilevazione a “treno in corsa”. Di grande importanza è anche la comunicazione dei risultati dei modelli.

Oggi non è che un giorno qualunque di tutti i giorni che verranno, ma ciò che farai in tutti i giorni che verranno dipende da quello che farai oggi. È stato così tante volte.
“Per chi suona la campana”, Ernest Hemingway

Sono talmente d'accordo con chi ha fatto presente le incertezze e la delicatezza di uso in questa fase dei modelli previsionali, che non intendo iscrivermi tra coloro che pure premettendo le incertezze poi non riescono a rifuggire la tentazione di dare qualche previsione. Come non-modellista ma utente dei risultati dei modelli sono preoccupato per l'apertura di una fase in cui vengono “buttate” sul terreno analisi e risultati differenti, non tanto per la diversità di risultato, ma soprattutto per la scarsa chiarezza dello scopo, che rende altamente probabili distorsioni sul piano comunicativo.

Margini d'incertezza

Fare previsioni sul breve termine non è difficile: per ogni distribuzione temporale si può trovare la migliore curva che interpola l'andamento a oggi (modelli empirici dinamici), e da qui prevedere il domani, tanto più agilmente quanto più l'andamento è semplice. Disegnare le curve di andamento attraverso l'uso di modelli matematici empirici, per esempio le funzioni



esponenziali offerte da Alessandro Marinaccio e quelle logistiche o più complesse da Giovanni Sebastiani su *Scienza in rete*, penso appartengano a questo ambito, con la consapevolezza da parte degli autori di non dare informazioni di lungo respiro, se non accettando ampi margini di incertezza, in quanto trattandosi di modelli descrittivi i parametri (in primis il tasso di crescita) hanno significato solo nelle condizioni sperimentali, nel nostro caso osservazionali, in cui sono stati determinati.

Con questi modelli penso sia ragionevole non spingersi oltre la segnalazione di una modifica del tasso di crescita, come del resto fanno gli autori. Infatti le assunzioni non mancano, anche forti: che i guariti non contengano più il virus, o che comunque non possano trasmetterlo ad altri individui infettandoli, che non tutti gli individui diagnosticati infetti siano isolati, a causa di mancata o erronea diagnosi e/o isolamento, che ci sia una compensazione degli errori che affliggono le misure delle singole variabili, esempio il numero dei morti, oltre alle carenze di dati come una stima attendibile della frazione dei portatori sani.

Molto più difficile è prevedere, con livello accettabile di affidabilità o limiti stretti di incertezza (che andrebbero sempre riportati) quando inizierà la riduzione significativa della *velocità* di crescita e quando si raggiungerà l'apice e la discesa, che sono le domande chiave di cittadini e amministratori. Qui l'impresa si fa più ardua, non per carenza di modelli super-sofisticati e di modellisti di valore, ma per la necessità di alimentare questi modelli con dati "buoni", non solo quelli rilevati fino a oggi, ma anche quelli storici riferiti a pandemie ed epidemie del passato relative a malattie dello stesso tipo.

Siccome abbiamo a che fare con un nuovo virus dobbiamo essere consapevoli che i modelli comunemente utilizzati sono stati tarati su pandemie

vecchie e che, d'altra parte, i dati dell'epidemia in Cina offrono la possibilità di tarare modelli pertinenti al Covid-19. Dal primo di marzo ho letto diversi articoli sulle previsioni su Covid-19 in Cina e alcune previsioni inviatemi da colleghi matematici, igienisti, epidemiologi e gruppi misti, alcuni su intervalli di tempo già trascorsi e per i quali è possibile verificare gli scostamenti delle previsioni quando non i fallimenti. I modelli utilizzati erano di tutti i tipi, meccanicistici, fenomenologici, con curve esponenziali, logistiche, polinomiali, sigmoidali, miste.

D'altra parte la volontà e insieme il "potere" di prevedere il futuro ha accompagnato la storia dell'umanità, passando dalla "predizione", consistente nell'annunciare e fare profezie con l'aiuto di divinità, alla "previsione", cioè fare ipotesi e supposizioni a partire dai dati disponibili. Oggi, la disponibilità di una grande mole di dati, di modelli matematici raffinati e di potenti strumenti di calcolo permette a molti gruppi di ricerca e moltissimi ricercatori singoli di cimentarsi per produrre previsioni.

Sfidare le previsioni

Oltre alle funzioni istituzionali che molti gruppi devono assolvere, c'è da parte del ricercatore un impulso a usare le proprie competenze e il proprio "ingegno" per contribuire alla crescita delle conoscenze, a mettere alla prova l'esercizio del dubbio, a sfidare il proprio "potere", e non c'è campo di applicazione più sfidante di quello delle previsioni. Ritengo paradigmatico uno studio previsionale su dati cinesi, suddivisi tra la provincia di Hubei e il resto della Cina, effettuato da ricercatori statunitensi e canadesi, con tre diversi modelli fenomenologici (crescita logistica generalizzata, crescita di Richards e onda sub-epidemia) usati precedentemente per fare previsioni su SARS, Ebola, influenza pandemica e dengue.

Inserendo i dati ufficiali dei contagiati confermati (fonte Chinese National Health Commission) dal 22 gennaio al 4 febbraio e calibrando i modelli con i dati osservati dal 5 al 9 febbraio, sono stati stimati i numeri cumulativi di casi a 5, 10 e 15 giorni, cioè al 14, 19 e 24 febbraio. I modelli davano risultati abbastanza concordanti tra loro ma con tre stime del 34%, 40% e 41% in meno rispetto ai dati che si sono poi realmente verificati. E ci si chiede subito quale possa essere stata la causa di sottostime tra 17.000 e 27.000 casi positivi a Covid-19. Si può ben dire che i ricercatori non sono stati fortunati, perché nei giorni successivi alla loro calibrazione, il 13 febbraio, le autorità cinesi hanno deciso di aggiungere ai casi confermati su tampone quelli da diagnosi clinica, sicché il 14 febbraio hanno avuto un incremento giornaliero del 50% a fronte del 4-5% dei giorni precedenti. La stima rispetto ai soli dati confermati avrebbe fallito del 4%, mentre per i giorni successivi i dati comunicati all'OMS non erano più disaggregati secondo conferma o sospetto e non è più possibile calcolare esattamente l'entità della sottostima. Una stima basata sul fatto che i sospettati clinicamente erano stati fino ad allora intorno al 30% del totale permette di predire circa il 10% di sottostima nei giorni 19 e 24 febbraio. Morale della favola, si può constatare la conseguenza negativa del cambiamento di protocollo di rilevazione/registrazione a "treno in corsa" e l'estrema fragilità dei modelli a cui non si può certo chiedere di tener conto dei cambiamenti apportati nel sistema di rilevazione.

Un ragionamento analogo mi pare valga anche per le differenze geografiche e spazio-temporali (situazioni geografiche sfalsate nel tempo), anche di protocolli di definizione e registrazione delle diverse tipologie di caso, che indicano la inadeguatezza di confronti e anche di uso di modellistiche previsionali su ambiti eterogenei al

proprio interno. L'eterogeneità spazio-temporale del sistema di sorveglianza pandemica sarà sicuramente – o auspicabilmente – oggetto di attenzione e azione da parte dell'OMS.

Multidisciplinarietà e delicatezza della comunicazione

Per concludere, ancora due considerazioni sui modelli e il loro uso in sanità pubblica.

La prima è che i modelli matematici hanno bisogno di gruppi con competenze multidisciplinari in cui il matematico o il fisico lavorano a stretto contatto con epidemiologi, infettivologi, clinici, operatori e manager di sanità pubblica, avendo al proprio interno chi conosce esattamente limiti e potenzialità dei dati prodotti (chi produce i dati insieme a chi li analizza).

La seconda è che la comunicazione dei risultati, una volta ridotta l'incertezza della stima, è estremamente *delicata*, perché, oltre alle distorsioni del significato si possono ingenerare reazioni impattanti sulle misure sociali e di sanità pubblica (contenimento). Si pensi ad esempio alla gestione comunicativa di un eventuale inversione della fase di decrescita dopo che è stata comunicata una previsione sul raggiungimento del picco epidemico (esempio metà aprile, avanzato da diverse parti), momento che tutti attendono con la speranza di tornare a una vita "normale", mentre potremmo avere fenomeni di reinfezione.

Penso che sul piano comunicativo si possa ragionevolmente ipotizzare che una spiegazione in termini divulgativi non solo dei dati ma anche di criteri e meccanismi con cui si formano (importanza di metadati e metodi) potrebbe chiarire il perché vengono prese certe decisioni, eliminando accuse o sospetti di aleatorietà e accrescendo il rapporto di fiducia tra cittadini e istituzioni. Una misura di cui ci sarà molto bisogno per passare questa fase e non meno quella successiva. ●

Il medico osserva... L'aria scambiata con il respiro

Antonio Cambi

Le forme di trasmissione del coronavirus riportano alla ribalta le “goccioline di Flügge”, dal nome dello scienziato tedesco che, al tempo della tubercolosi, condusse i primi esperimenti rigorosi sul contagio attraverso le particelle capaci di rimanere sospese in aria e veicolare germi o cellule umane contenenti microrganismi.

Ho sempre creduto che ogni esperienza fatta dall'uomo sia un dato prezioso da trasmettere a tutta l'umanità. Le forme di contagio che stiamo analizzando per capire come si diffonde il coronavirus ci fanno porre l'attenzione sulle goccioline di Flügge, dal nome dello scienziato tedesco Karl Georg Wilhelm Flügge che le descrisse nel 1878, al termine di una serie di esperimenti rigorosi e ben progettati. Si tratta di quelle minuscole particelle capaci di rimanere sospese in aria e veicolare germi o cellule umane contenenti microrganismi. Era, allora, il tempo della tubercolosi ed era noto che il contagio era più frequente tra le persone che, anche se non a diretto contatto, si trovavano nelle vicinanze di malati. Un malato affetto da tubercolosi fu fatto sedere in un box di vetro di fronte a un tavolo sul quale erano poste piastre di Petri aperte¹. Al paziente fu richiesto di parlare



Foto di James Gathany - CDC Public Health Image library ID 11162, pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6701700>

1. Pistacchio E, *Le “goccioline” di Flügge*, *Le Infezioni in Medicina*, 2:129-132, 1999.

e tossire, poi il materiale raccolto nelle piastre di Petri fu in parte esaminato al microscopio e in parte incubato e poi iniettato nel peritoneo di conigli usati come cavie. La percentuale di animali infettati e di vetrini positivi al bacillo della TBC superava il 70%. La ripetizione dell'esperimento con il paziente che teneva davanti alla bocca un fazzoletto fece scendere la positività nei vetrini e negli animali al 30%.

Questi dati dimostrarono che l'uso di una semplice precauzione come l'uso di un fazzoletto che faceva da schermo riduceva le probabilità di contagio di oltre il 50%. Flügge collaborò con Koch, scopritore del bacillo della TBC, per debellare le infezioni tubercolari, che avevano sulle popolazioni dell'epoca effetti assai gravi, in modo analogo a ciò che si sta verificando adesso per il Covid-19.

A queste ricerche sulle conseguenze per il contagio di comportamenti volontari come parlare, tossire, respirare fino al limite massimale si sono aggiunti studi sullo starnuto, che insorge in modo spontaneo e talvolta anche esplosivo. Vi può essere starnutazione sia per fenomeni infiammatori, come nel semplice raffreddore, sia per il passaggio da una zona all'ombra ad una soleggiata con diversa temperatura che, in soggetti sensibili, provoca il riflesso dello starnuto (rinite vasomotoria). Secondo alcuni ricercatori il getto di goccioline di Flügge con lo starnuto può raggiungere i sei metri, secondo altri otto metri. In alcuni casi si visualizzano queste goccioline vedendo controluce chi parla a voce alta, quando l'aria emessa ha maggiore forza di uscita. Il parlare corrente ha una minore potenza di spinta e limita la gittata delle goccioline di Flügge.

In questi tempi di Covid-19 sono stati esaminati i comportamenti dei runners e di altri atleti che

fanno attività all'aperto nelle zone di maggiore diffusione del contagio. Nella respirazione consueta, si scambiano circa 12 litri di aria in un minuto con 12-15 atti; sotto sforzo si può arrivare a 40-60 atti, scambiando circa 100 litri al minuto.

È chiaro quindi che anche in un ambiente aperto, come un parco o una pista di atletica, vi è la possibilità di trasmettere e di acquisire elementi cellulari contenuti in goccioline. È vero, d'altra parte, che l'aumento della temperatura corporea sotto sforzo può inattivare molti microorganismi, ed è anche vero che nello sportivo, grazie alle numerose sintesi indotte, vi è una maggiore presenza di una sostanza con azione antibatterica e antivirale come il lisozima.

Rispetto alle cifre dei continui aumenti del contagio si dovrebbe tenere conto del rispetto che dobbiamo alla comunità in cui viviamo, senza perdere l'interesse salutistico che la pratica di sport induce. Mi aspetto perciò un esempio virtuoso dagli sportivi, anche per lo spirito ironico ed umoristico con cui vedo affrontata sui social questa necessaria quarantena. È il modo di dimostrare che lo sportivo è capace di sacrificarsi per lunghi periodi e di accettare le limitazioni in modo scherzoso, rimanendo in contatto almeno virtuale con gli altri. Nei modi suggeriti dal Governo per fare attività fisica (in forma singola e non distante da casa) si perde un po' in termini di socialità, ma sarà più bello ritrovarsi nel verde dopo il pericolo scampato! ●

Dorothy Crawford

Il nemico invisibile. Storia naturale dei virus

RaffaelloCortina Editore, 2002,
296 pagine, ISBN: 9788870787481



Il bel libro di Dorothy Crawford - docente di Microbiologia all'Università di Edimburgo - potrebbe guidare il lettore "generalista" nell'esplorazione dell'incredibile universo dei virus e mostrare le potenzialità di questi agenti patogeni submicroscopici dall'origine ancora incerta e gli stratagemmi che sono in grado di mettere in atto per assicurarsi la sopravvivenza. Un viaggio attraverso molte storie di contagio raccontate in maniera accattivante e la narrazione dell'antico rapporto dei virus con *Homo sapiens* e con tutti gli altri sistemi viventi, nella perenne lotta per la sopravvivenza, "motore stesso della vita".

Come definire i virus? Da dove vengono? Quali i percorsi evolutivi alla base dell'antico rapporto dei virus con la storia dell'umanità? Quali le armi di attacco e di difesa nella guerra tra uomo e virus? Come sarà il futuro? Riusciremo un giorno a sconfiggerli o rappresentano una minaccia costante per la nostra specie? In questo libro si trovano le risposte a queste e a molte altre domande.

A differenza dei batteri che sono cellule autonome e autosufficienti, i virus non sono cellule, ma particelle costituite da un po' di materiale genetico protetto da una guaina proteica. "Una brutta notizia incartata nelle proteine", secondo Sir Peter Medawar; "la vita ridotta all'essenziale", secondo la Crawford. Definizioni suggestive che descrivono la natura sfuggente di questi agenti patogeni, il cui ordine di grandezza è il nanometro (millesimo di micron), visibili al microscopio elettronico, a differenza dei batteri, il cui ordine di grandezza è il micron (millesimo di millimetro), visibili al microscopio ottico. Per dirla con l'Autrice, se un virus fosse grande come un uomo, un batterio di medie dimensioni sarebbe grande come la Statua della

Libertà. Incapaci di autonomia metabolica, sappiamo che i virus trasferiscono il loro materiale genetico nella cellula vivente, ne sfruttano le risorse e la trasformano in una fabbrica produttrice di nuovi virus che partono all'assalto di altre cellule, e il ciclo distruttivo continua fino a quando non ci sarà un segnale di stop.

Trasferire il materiale genetico di cellula in cellula, scatenando l'infezione, è la strategia che questi agenti patogeni adottano per garantirsi la sopravvivenza. "Entrano nel nostro corpo silenziosamente, senza farsi notare, e ne invadono come parassiti le cellule in un modo che sfugge quasi completamente al nostro controllo".

Nella parte conclusiva del libro l'Autrice si sofferma sul rapporto dei virus con gli altri sistemi viventi. Presenti sulla terra da qualche miliardo di anni, hanno avuto il tempo di consolidare gradualmente rapporti di coevoluzione con i nostri lontani antenati.

Oggi siamo alle prese con nuovi virus, subdoli e pericolosi, che incontriamo per la prima volta. Contro questi agenti emergenti il sistema immunitario non è attrezzato. Al primo incontro dovrà prepararsi per sconfiggerli, senza esclusione di colpi. Comincia a quel punto una lotta contro il tempo tra il nostro sistema di difesa e gli invasori che avanzano, velocissimi nei ritmi riproduttivi. Spesso sono i virus ad avere la meglio, come ci ha insegnato Sars-Cov-2.

Tutto questo è sorprendente; come è possibile che entità così semplici abbiano nel loro arco tante frecce per demolire in breve tempo un organismo complesso e sofisticato come il nostro?

Osservatori lungimiranti sostengono da tempo che alla fine siamo noi che offriamo ai virus il passaporto per il nostro organismo, siamo noi che abbiamo infranto il patto con la natura che ci ospita. La natura è un sistema integrato, basato sulle relazioni tra tutti i viventi e l'ambiente; un sistema modulato nel tempo dal ritmo lento dei processi evolutivi. L'irruzione violenta dell'uomo sulla natura, il modello di sviluppo della società globalizzata, lo sfruttamento selvaggio delle risorse, la distruzione degli habitat e dei rapporti tra le diverse specie che li abitano sono tutte condizioni favorevoli per il passaggio dei virus dall'animale all'uomo, il quale diventa la nuova frontiera di conquista e il nuovo territorio da esplorare in modo tumultuoso, con conseguenze non prevedibili, quasi sempre devastanti, come epidemie e pandemie.

L'onda anomala scatenata da questo coronavirus è un avvertimento. Gli agenti insidiosi continueranno a minacciarci e a colpire. Solo se riusciremo a immaginare un nuovo modello di sviluppo e a stabilire un nuovo patto con l'ambiente potremo sperare in una tregua. Facciamo parte della natura insieme a tutti gli altri sistemi viventi, ma non possiamo dominarla come padroni assoluti e sconvolgerla impunemente.

Lucia Torricelli

I mercati sono intelligenti?

La borsa al tempo del coronavirus

Maria Turchetto

L'informazione sull'andamento borsistico, proposta dalla maggior parte dei media subito dopo le notizie principali, non rappresenta un innocuo "servizio di pubblica utilità", ma molto spesso un tentativo di manipolare l'opinione dei cittadini attraverso un "giudizio" - preteso "intelligente" - dei mercati. In realtà la borsa, lungi dal poter dare indicazioni politiche, può dare un'immagine distorta della stessa "economia reale", perché registra le speculazioni in corso più che la salute delle imprese. L'idea dei "mercati intelligenti", nata con Adam Smith, è in realtà un'idea "metafisica", come la definì John Maynard Keynes.

Il 24 marzo 1999 la NATO iniziò a bombardare la Serbia. Il TG ne diede la notizia aggiungendone *subito dopo* un'altra: "la borsa vola!". Lo ricordo bene, perché quella fu la prima volta che provai un fortissimo fastidio per l'informazione sugli andamenti di borsa. Un fastidio che è durato nel tempo e che ogni tanto si acuisce. Ora, per esempio, in questi giorni di emergenza virus, perché *subito dopo* il quotidiano bollettino sulla pandemia – morti, contagiati, guariti – i notiziari ci informano sugli indici borsistici?

Il "giudizio" dei mercati

Lo ammetto, qualche collegamento c'è, anche se banale. È chiaro, con la chiusura dei bar il titolo Campari è sceso, mentre il comparto biomedicale è salito come conseguenza dell'aumentata domanda. Ma non occorre guardare l'andamento borsistico per capire come vanno queste cose, basta ragionare. La borsa anzi è un indice che può dare un'immagine distorta dell'andamento dell'"economia reale", perché registra le speculazioni in



corso più che la salute delle imprese: un po' come le quotazioni dei cavalli non registrano la salute dei cavalli, ma l'andamento delle scommesse.

In ogni caso, non è questo che mi procura fastidio. È piuttosto il fatto che l'andamento borsistico, di cui ci danno notizia *subito dopo* i principali fatti del giorno, assume lo statuto di una sorta di "giudizio" su quanto avviene: un giudizio formulato da un'entità sovrumana più razionale, da un'intelligenza superiore: l'*intelligenza dei mercati*.

Per tornare al 24 marzo 1999, l'accoppiata "la NATO bombarda Belgrado"/ "la borsa vola" non era una giustapposizione casuale di notizie, suggeriva un giudizio: "la NATO bombarda Belgrado/ *ben fatto*, visto che la borsa vola". Un altro esempio, nient'affatto di fantasia: "i sondaggi indicano la vittoria della BREXIT"/ "la borsa scende". Suggerisce: "la borsa non vuole la BREXIT/ Inglesi, votate contro". Insomma, si usano i listini di borsa non solo per influenzare l'opinione pubblica, ma anche per orientare il voto. Per forza mi dà fastidio.

Ma non ho cominciato con i bombardamenti del 1999 per rinfocolare vecchie polemiche sulle guerre "giuste" e "ingiuste". È che prima degli anni '90 dei listini di borsa non si parlava proprio, se non sulla pagina economica (sì, allora era solo *una* pagina o poco più) dei maggiori quotidiani. Non c'era ancora l'"azionariato di massa", ben pochi investivano in borsa prima della grande campagna che ha convinto i piccoli risparmiatori a comprare azioni e obbligazioni anziché i buoni, vecchi – ma ormai poco redditizi – titoli di Stato. Ve lo ricordate? I "promotori finanziari" ci inseguivano fin sotto casa... È da allora che comunicare gli andamenti borsistici è diventato un "servizio di pubblica utilità", come le notizie sul traffico o il bollettino meteo.

L'azionariato di massa poi è finito male, il piccolo risparmio è finito "sotto il materasso", come si dice. Per qualcuno è finito il risparmio *tout court*, a causa della crisi economica. Ma l'informazio-

ne sull'andamento della borsa è continuata – per inerzia, forse, un po' come oggi continuano le trasmissioni sportive nonostante la sospensione generalizzata di tutti gli sport. No, non solo per inerzia. Perché, anziché passare al rango di informazione inutile ai più e finire di conseguenza in coda ai notiziari, ha mantenuto lo status di autorevole commento dei fatti, un po' criptico magari, ma certamente "oggettivo" (non è l'opinione di un individuo) e "razionale". Una sorta di "oroscopo intelligente", insomma, capace di prevedere e di orientare. L'intelligenza che oggi si nega alle stelle viene riconosciuta ai mercati.

La Favola delle api di Mandeville... è per l'appunto una favola

L'astrologia ha radici antiche, è stata praticata da eminenti filosofi ed eruditi prima di essere (giustamente) considerata una pseudoscienza. E questa più recente pseudoscienza degli economisti che credono nell'"intelligenza dei mercati" che radici ha? "La scienza economica comincia con un Adamo di cognome Smith", ha scritto un importante storico del pensiero economico¹. Ed è in effetti ad Adam Smith che bisogna rifarsi, o forse ancora prima, alla *Favola delle api* di Bernard de Mandeville, il cui sottotitolo recita *Vizi privati, pubbliche virtù*². Nella versione di Smith (un po' semplificata rispetto a quella di Mandeville, ma è quella che ci interessa) la favola insegna che l'avidità (vizio) dei singoli produce il benessere (virtù) collettivo, in termini di vasta produzione a prezzi contenuti. Detto in termini un po' più tecnici, la ricerca del profitto da parte dei singoli imprenditori conduce, grazie al gioco del mercato concorrenziale, a mantenere i prezzi al livello dei costi di produzione, vale a dire al livello minimo per non andare in perdita.

Ma si tratta, appunto, di una *favola*. Di norma, gli imprenditori guadagnano – se il destino fosse andarci in pari, chi glielo farebbe fare di avviare un'attività di impresa? E il mercato non è concor-

1. Barber WJ, *Storia del pensiero economico*, Feltrinelli 1992:13. L'opera di Smith considerata "fondativa" della scienza economica è *La ricchezza delle nazioni* (1776).

2. Il poemetto satirico di Bernard de Mandeville, composto nel 1705, ebbe grande successo e numerose edizioni ampliate successive fino a diventare, nel 1728, un'opera in due tomi.

renziale – lo è solo per brevissimi periodi e per alcuni prodotti, di norma è dominato da grandi imprese monopolistiche che “fanno” i prezzi.

Adam Smith e Charles Darwin

L’idea di Smith, in ogni caso, è interessante – una gran bella trovata sul piano epistemologico.

Smith pensa infatti il mercato come un meccanismo non finalistico che ottiene un “ordine” (i prezzi coincidenti con i costi di produzione) da comportamenti individuali diversamente finalizzati. Bella trovata davvero, tanto che Charles Darwin l’utilizzò nella sua teoria della selezione naturale. Com’è noto, Darwin leggeva gli economisti dell’epoca. Nelle prime pagine de *L’origine delle specie* si dichiara esplicitamente debitore nei confronti di Thomas Robert Malthus³. Secondo Stephen J. Gould, lo è anche nei confronti di Adam Smith: “Darwin ha trasferito nel campo della biologia il ragionamento, in qualche modo paradossale, che è al centro della dottrina economica di Adam Smith [...] per immaginare un meccanismo (la selezione naturale) che possa ammettere la fenomenologia di Paley (il buon progetto degli organismi e l’armonia degli ecosistemi) pur invertendone i fondamenti causali nella forma più radicale”⁴.

C’è tuttavia una grossa differenza tra Darwin e Smith, perché Darwin si smarca in realtà dal *giudizio di valore* attribuito al “meccanismo”. Se posso, in questo senso, permettermi di correggere gli aggettivi usati da Gould nel passo citato: per Darwin, gli organismi non hanno un *buon progetto* – più semplicemente sono funzionali, adatti; e gli ecosistemi non sono *armonici* – più semplicemente sono in equilibrio entro una natura caratterizzata da “goffaggine, sprechi e orrenda crudeltà”⁵. Certo, in seguito non mancherà chi trasformerà il “più adatto” in “migliore” e il gioco crudele della natura in un “disegno intelligente” finalizzato al progresso. Ma non è a Darwin che può essere imputata questa deriva assiologica.

Smith invece sì, associa al “meccanismo” un giudizio di valore positivo, e ancora più di lui lo faranno i teorici dell’equilibrio economico. Per sostenere una politica ben precisa, il liberismo, il *laissez faire* – “lasciar fare” al mercato, meccanismo intrinsecamente virtuoso che trasforma i vizi privati in pubbliche virtù. Una *favola*. Un’idea “metafisica”, come scrisse Keynes: “Liberiamoci dai principi metafisici sui quali, di tempo in tempo, si è basato il *laissez-faire* [...]. Non è una deduzione corretta che l’interesse egoistico illuminato operi sempre nell’interesse pubblico; più spesso individui che agiscono separatamente per promuovere i propri fini sono troppo ignoranti o troppo deboli persino per raggiungere questi”⁶.

Mi permetto di correggere perfino Keynes – ormai ho preso coraggio. Di *illuminati*, nei mercati finanziari, non ce ne sono proprio. Ci sono deboli e ignoranti, questo sì, e poi ci sono dei furboni – “intelligenti” a titolo personale, che non trasmettono certo questa virtù al magico “meccanismo” ma anzi lo manovrano – perché hanno più informazioni degli altri, perché hanno più soldi degli altri, perché hanno meno scrupoli di chiunque.

Ma ecco, per concludere, la mia richiesta – la mia indicazione pratica. Non voglio più sentire gli indici di borsa *subito dopo* le notizie principali, come si trattasse del loro commento più autorevole, oggettivo e “intelligente”. Voglio sentire il blocco delle notizie principali (la pandemia, la guerra, le elezioni) seguito da un po’ di cronaca (hanno ammazzato una donna nel tal posto, arrestato un mafioso nel talaltro) e relativi commenti; poi qualche notizia di costume, un po’ di cultura, cinema e spettacoli; a seguire la pagina sportiva, poi le notizie sul traffico, il meteo e in fondo – in fondo! – l’andamento della borsa. Se poi quest’ultima la levano, anche meglio. ●

3. Cfr. Darwin C, *L’origine delle specie per selezione naturale*, Roma, Newton Compton, 1989:43.

4. Gould SJ, *La struttura della teoria dell’evoluzione*, Torino, Codice, 2003:80.

5. Il riferimento è ovviamente alla notissima frase di Darwin nella lettera a Hooker del 13 luglio 1856: “Che libro potrebbe mai scrivere un cappellano del Diavolo sulle goffaggini,

gli sprechi, l’orrenda crudeltà della natura?”.

6. Keynes JM, *La fine del laissez-faire e altri scritti*, Torino, Bollati Boringhieri, 1991:37.

ritratto di famiglia

Dermochelyidae

Elvira Antonucci



Femmina di tartaruga liuto approdata su una spiaggia per la deposizione delle uova
(foto: US Fish and Wildlife Service Southeast Region)

In questa rubrica, presentiamo una famiglia zoologica per volta, quale esemplificazione della varietà animale. La famiglia è un'unità tassonomica contenente un gruppo di specie che condividono determinate caratteristiche, risultato dell'evoluzione, che testimoniano l'origine da un unico progenitore. Ciascuna famiglia può essere costituita da diverse decine di specie viventi o, all'estremo opposto, da una sola, nel qual caso è detta monospecifica. Ed è proprio questo il caso del "ritratto" dedicato a Dermochelyidae, la famiglia che include solamente *Dermochelys coriacea*, la tartaruga liuto.

La **tartaruga liuto**, *Dermochelys coriacea*, unico rappresentante vivente della famiglia Dermochelyidae dell'ordine Testudines, è il più grande chelone vivente e anche il più affascinante. La si può incontrare in tutti gli oceani, da nord a sud. È una specie capace di spostarsi per migliaia di chilometri in cerca di cibo, nei freddi mari del nord, o per deporre le uova su spiagge calde e assolate. Con un po' di fortuna, la si può osservare anche nel nostro Mar Mediterraneo.

La liuto è l'ultimo rappresentante vivente della famiglia Dermochelyidae, un gruppo che affonda le proprie radici nel tardo Cretaceo, più di 100 milioni di anni fa. Da allora l'aspetto esteriore di questi rettili è cambiato poco e rimane tuttora profondamente diverso da ogni altra tartaruga esistente. Gli adulti si aggirano intorno ai 2 m di lunghezza e pesano in media 400 kg, ma alcuni individui raggiungono eccezionalmente i 3 m, con un peso superiore ai 900 kg. Il colore è scuro, quasi nero, con piccole macchie chiare. La loro caratteristica forma a goccia le rende **idrodinamiche** e veloci in acqua. Quello che però rende uniche queste creature è il loro carapace. Infatti, a differenza delle altre

specie viventi, la liuto è l'unica ad essere priva di una corazza rigida. Al suo posto presenta un mosaico di piccole placche ossee, sovrastate da una spessa pelle cheratinizzata; il tutto è irrigidito da sette creste che corrono longitudinalmente al corpo. Il piastrone ventrale è fortemente ridotto. Anche la sua **dieta** è particolare, perché basata prevalentemente su meduse e altri organismi gelatinosi. Si tratta di prede facili: estremamente abbondanti e agevoli da catturare. Come si può intuire, sono però prede decisamente povere dal punto di vista nutrizionale, essendo composte per il 95% o più da acqua. Di conseguenza, la nostra tartaruga è costretta a mangiarne in gran quantità. Gli adulti mangiano, ogni giorno, l'equivalente



Particolare dell'esofago di *Dermochelys coriacea* costellato di dentelli cornei
(foto: Mariano Domingo, Wikipedia Commons)

del 50% del loro peso, arrivando ad ingerire fino a mezza tonnellata di meduse. Per questo motivo molti dei suoi adattamenti si sono sviluppati in sintonia con la specificità della dieta.

L'**esofago** è sicuramente l'organo che mostra le modificazioni più profonde. Ha un eccezionale sviluppo in lunghezza, tanto da superare i due metri negli individui più grandi, e la sua parete presenta una moltitudine di dentelli cornei, di forma conica e dimensione variabile, rivolti verso lo stomaco. Entrambe le caratteristiche, specifiche di questa specie, sono da mettere in relazione alla dieta. Durante una battuta di caccia, infatti, la liuto ingoia una gran quantità di meduse e di acqua, che vengono convogliate verso la fine dell'esofago, chiuso in fondo dal cardias (lo sfintere che collega l'esofago allo stomaco); la contrazione del cardias impedisce il passaggio nello stomaco del cibo e dell'acqua che l'accompagna. Una volta pieno, l'esofago si contrae con movimenti antiperistaltici, ovvero onde di contrazioni dallo stomaco verso la bocca, al fine di eliminare gran parte dell'acqua. Le prede, invece, rimangono nel lume perché trattenute dai denticoli. Dopodiché, il cibo viene condotto allo stomaco grazie a contrazioni peristaltiche.

La dieta a base di organismi gelatinosi, soprattutto nelle acque fredde delle latitudini elevate, determinerebbe, inoltre, un pericoloso raffreddamento del corpo se non si fossero evoluti meccanismi di **termoregolazione**.

Allargando il discorso a concetti più generali, la classificazione in base alla modalità di regolazione della temperatura corporea ha diviso per lungo tempo gli animali in due categorie rigidamente separate: ectotermi, o a sangue freddo, ed endotermi, o a sangue caldo. Esistono, tuttavia, specie che non rientrano in questa rigida classificazione e mostrano caratteristiche intermedie tra i due estremi. In alcuni organismi di grande mole, che teoricamente rientrerebbero nella categoria degli ectotermi, si parla di "gigantotermia". È il caso della nostra tartaruga liuto, in grado, infatti, di mantenere una temperatura corporea ben più elevata rispetto all'ambiente. In acque fredde, intorno ai 2-5 °C, la sua temperatura interna rimane stabile a 25 °C, permettendo a questa specie di spingersi verso i poli. L'endotermia richiederebbe un metabolismo elevato e, di conseguenza, un notevole spreco di energia. A differenza dei tipici endotermi, il calore corporeo della nostra tartaruga è invece generato dalla sola contrazione dei muscoli, mantenuti in costante movimento, ed è poi conservato grazie alle sue grandi dimensioni e, di conseguenza, al suo basso rapporto superficie/volume.

La liuto ha sviluppato, inoltre, molteplici sistemi di isolamento per impedire la dispersione del calore prodotto. Il corpo è interamente coperto da uno spesso pannicolo adiposo che riveste internamente il carapace e sostituisce ventralmente il piastrone osseo.

La testa ed il collo sono le parti più esposte e più delicate, e sono in gran parte costituite da grasso. Altro tessuto adiposo ricopre l'esofago ed i grossi vasi sanguigni, che corrono molto profondamente nel collo. In aggiunta il grasso che riveste natatoie, testa e collo è caratterizzato da un punto di congelamento molto basso.

In questa tartaruga, ancora, è stata riscontrata la presenza di tessuto adiposo bruno, una sostanza termogenica tipica degli organismi endotermi nella quale l'energia dell'ATP viene convertita direttamente in calore.

È ovvio che l'alimentazione della liuto rappresenta un potenziale ostacolo alla conservazione del calore corporeo: l'ingestione di una gran quantità di prede ricchissime di acqua abbassa notevolmente la sua temperatura interna, specialmente quando esse sono predate in mari freddi. Anche in questo caso osserviamo il mirabile adattamento del riscaldamento del cibo in ingresso, a livello dell'esofago. Ciò avviene grazie ad un sistema di scambio di calore controcorrente, formato da una complessa rete di vene periarteriose disposte all'interno del pannicolo adiposo che circonda l'esofago. Ogni plesso consiste in un'arteria centrale nella quale scorre sangue caldo circondata da una moltitudine di venule contenenti sangue raffreddato proveniente dalle pareti dell'esofago. I due flussi decorrono in modo antiparallelo e creano un gradiente termico che trasferisce il calore al cibo in transito. Il riscaldamento delle prede comporta, in ogni caso, una notevole spesa energetica tanto che, in acque fredde, quasi un terzo delle calorie assunte sono investite in questo processo.

Tornando all'alimentazione prevalentemente medusofaga (includendo impropriamente in questo termine tutte le prede gelatinose), un'altra conseguenza è l'assunzione di ingenti quantità di sale, in quanto le meduse sono organismi osmoconformi, ovvero sono tanto "salate" quanto il mare in cui si trovano. Le ghiandole del sale, pur presenti in tutte le tartarughe, nella liuto sono ancora più sviluppate e occupano la maggior parte del cranio.



Tartarughe liuto appena sgusciate dall'uovo a Puertorico
(foto: Jolo Diaz, Pexels)

Abbiamo visto come la liuto presenti vari adattamenti affascinanti, molti dei quali dovuti alla sua peculiare dieta. L'evoluzione ha anche portato a sviluppare altre caratteristiche che rendono questo animale capace di immersioni straordinarie, uniche fra i rettili. La più evidente è il carapace e la mancanza del piastrone ventrale, ridotto ad un semplice anello osseo. Questo, se da una parte rende la nostra tartaruga più vulnerabile agli attacchi predatori rispetto agli altri cheloni,

dall'altra le consente di superare i 1.200 metri di profondità senza che il guscio protettivo si spacchi a causa dell'enorme pressione. Durante la discesa, mentre il volume d'aria nei polmoni si riduce, il ventre si incava, assecondando il collasso dei polmoni. Anche la trachea collassa, pur senza rompersi. Al posto degli anelli tracheali, comuni alla maggior parte dei vertebrati, troviamo infatti un tubo continuo costituito di cartilagine, che rende la trachea della liuto molto flessibile.

Nonostante sia in grado di immergersi a profondità stupefacenti, solitamente non si spinge oltre i primi 100 m dalla superficie. Ciò ha disorientato a lungo i biologi. Le immersioni profonde sono in realtà un evento molto raro, eppure hanno condizionato così tanto l'anatomia di questo animale. Sono state avanzate molte ipotesi sul significato di tale comportamento: si è parlato di fuga dai predatori, battute di caccia, tentativi di termoregolazione. L'ipotesi più convincente suggerisce che si tratti invece di immersioni esplorative. Si è osservato, infatti, che tali eventi si verificano con molta più frequenza durante le migrazioni e si concentrano tutti intorno a mezzogiorno. Molte delle sue prede compiono migrazioni verticali nictemerali, si inabissano cioè di giorno e ritornano di notte verso gli strati più superficiali, dove trovano maggiore disponibilità di cibo. Quando la tartaruga migra, si sposta di giorno e, giunta la notte, quando le prede sono più vicine alla superficie, si ferma per cacciare. Si ritiene, quindi, che a metà giornata la liuto si inabissi in cerca dei banchi di meduse. A questo punto, può decidere se aspettare il tramonto per cacciare, in concomitanza con la risalita delle prede dalle profondità marine, o continuare il suo viaggio. ●

Storie di tartarughe e di papi

A cura di Paola Nicolosi e Margherita Turchetto
Canova Editrice, 2008, ISBN 88-8409-211-6, pp. 128

Il volume ricostruisce la storia dell'esemplare di *Dermochelys coriacea*, tartaruga marina detta anche "tartaruga liuto", conservato - e oggi ammirabile - presso il Museo di Zoologia dell'Università degli Studi di Padova. Questo esemplare fu donato nel 1760 da papa Clemente XIII Rezzonico all'ateneo patavino, sull'esempio di papa Benedetto XIV che ne aveva già donato uno della stessa specie all'università di Bologna.

La lungimiranza di Antonio Vallisneri junor, fondatore del Museo di Zoologia e accanito studioso, permise all'esemplare patavino di diventare più celebre del suo simile bolognese: classificato da Linneo nella XII edizione del *Systema Naturae* col nome di *Testudo coriacea* è da allora considerato il tipo della sua specie.

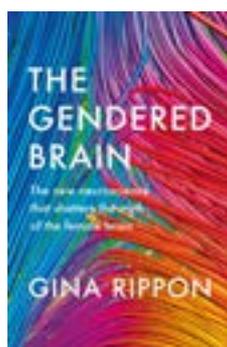
Il volume è frutto di una lunga ricerca documentaria compiuta negli ultimi anni intorno al prezioso reperto, e di studi su analoghi esemplari presenti nei musei italiani e catturati o avvistati nel nostro mare. Una curiosa e poco nota vicenda, di grande rilievo per la storia delle Scienze Naturali, che spinge oggi a prestare nuovo interesse alle collezioni storiche e naturalistiche come testimonianza della biodiversità e della sua trasformazione nel tempo.



Bibliografia

- Davenport J, 1998. *Sustaining endothermy on a diet of cold jelly: energetics of the leatherback turtle Dermochelys coriacea*. Bulletin of the British Herpetological Society, 62:4-8.
- Davenport J, Fraher J, Fitzgerald E, McLaughlin P, Doyle T, Harman L, Cuffe T, 2009. *Fat head: an analysis of head and neck insulation in the leatherback turtle (Dermochelys coriacea)*, Journal of Experimental Biology, 212:2753-2759.
- Davenport J, Fraher J, Fitzgerald E, McLaughlin P, Doyle T, Harman L, Cuffe T, Dockery P, 2009. *Ontogenetic changes in tracheal structure facilitate deep dives and cold water foraging in adult leatherback sea turtles*, Journal of Experimental Biology, 212:3440-3447.

Gina Rippon
The Gendered Brain:
The New Neuroscience That Shatters the Myth of the Female Brain
Bodley Head Eds 2019



Il mai spento dibattito sull'esistenza di diversità strutturali e funzionali tra i cervelli di maschi e femmine ha recentemente avuto un ritorno di fiamma con la pubblicazione del libro di Gina Rippon, neurobiologa americana, che ha per titolo *Il cervello sessuato: la nuova neuroscienza che frantuma il mito del cervello femminile*. La "nuova neuroscienza" a cui allude Gina Rippon nel sottotitolo del suo libro è quella che riconosce l'individuo come un "mix bio-culturale" il cui cervello è plasmato dalle influenze ambientali e sociali tanto quanto dai geni e dagli ormoni. Nei primi anni di vita l'architettura del cervello è particolarmente suscettibile alle influenze dell'esperienza e dell'ambiente ma rimane modificabile anche durante tutta l'età adulta.

La neuroplasticità, cioè la capacità del cervello di modificare le connessioni funzionali al suo interno, è un fondamentale meccanismo evolutivo da cui dipendono gli adattamenti - che garantiscono la sopravvivenza dell'individuo - ma anche i meccanismi di apprendimento e di memoria, oltre che i comportamenti. Oggi abbiamo un'idea dei processi molecolari che rendono plastici i nostri cervelli ma soprattutto sappiamo che la cultura, intesa come l'ambiente umano e sociale in cui si vive, letteralmente modella le vie nervose di quelle aree da cui dipendono le funzioni cognitive superiori, rafforzando certe connessioni e lasciandone scomparire altre. Bambini e ragazzi sono delle autentiche "spugne sociali" che assorbono avidamente tutte le informazioni che in materia di modelli sociali gli vengono implicitamente o esplicitamente trasmesse dalla famiglia e dall'ambiente extrafamiliare. E naturalmente non possono essere immuni dai messaggi che riguardano i ruoli di genere.

Nel caso delle bambine si verifica quella Gina Rippon definisce una *pinkification* encefalica, un adattamento del cervello verso comportamenti e attitudini mentali compatibili con il modello "rosa", femminile, che viene proposto. E il modello prevede spesso la convinzione di valere meno dei maschi, di essere meno brave in certi giochi o in certi compiti e dunque di non poter mirare da adulte a posizioni lavorative di rilievo. A questo proposito sono illuminanti i risultati di uno studio in cui bambini di 5 anni venivano posti di fronte alla scelta tra un gioco descritto come "più difficile" e un altro presentato come "più semplice". Se a 5 anni la percentuale di maschi e femmine che optavano per il gioco più complicato era equivalente, ripetendo lo studio sullo stesso campione quando i bambini avevano raggiunto i 7 anni, la percentuale di bambine che sceglievano il gioco considerato più complesso calava di molto, suggerendo che la sensazione di non sentirsi all'altezza tende a crescere con l'età tra le ragazze. D'altra parte, come dimostra un altro studio condotto sui bambini, questa sensazione è senz'altro alimentata dai coetanei maschi che già a 6 anni mostrano di aver introiettato un pregiudizio negativo nei confronti delle abilità intellettuali delle ragazze e non le scelgono come partner di giochi presentati come impegnativi.

In definitiva, gli stereotipi di genere informano fin dall'infanzia i cervelli di femmine e di maschi che di conseguenza svilupperanno atteggiamenti e aspettative conformi ai modelli di donna e di uomo propri della cultura in cui sono cresciuti e li riproporranno da adulti, perpetuando il ciclo per cui una società sessuata produce un cervello sessuato che a sua volta determina una società sessuata e così via.

Marirosa Di Stefano

focus: il sesso del cervello

La superiorità mentale della donna

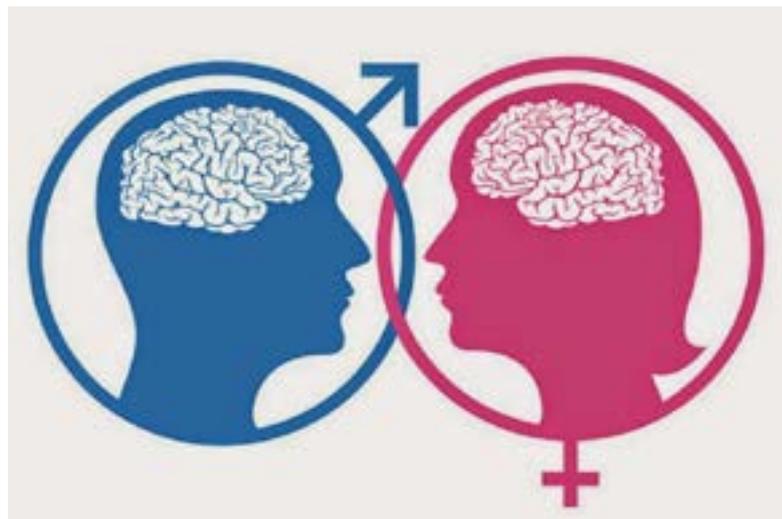
Marirosa
Di Stefano

A partire dal libro di Moebius *L'inferiorità mentale della donna*, l'articolo ripercorre la storia della "discriminazione scientifica" del sesso femminile, dalla craniometria ottocentesca, alle versioni maschiliste dell'evoluzionismo, fino alle contemporanee analisi sulle differenze di genere nel cervello basate sulle tecniche RMf. L'insistenza secolare sull'esistenza di una differenza innata - e non acquisita socialmente e culturalmente - nei processi cognitivi dei due sessi risulta, in ultima analisi, assai poco fondata.

Non prendete troppo sul serio il titolo. È stato scelto per ricordare, parodiandolo, un libro intitolato *L'inferiorità mentale della donna*¹ pubblicato per la prima volta agli inizi del secolo scorso che ha avuto una grande (e negativa) influenza sulla cultura del Novecento. Basti dire che la dottrina delle 3K (*kirke*, chiesa; *kucke*, cucina; *kinder*, bambini), formulata dai nazisti per definire il ruolo sociale delle donne, è ispirata e giustificata dalle asserzioni di Paul J. Moebius, il neurologo tedesco autore del libro.

Moebius sostiene che la donna sia fisiologicamente deficiente e – ci tiene a dichiarare – il suo non sarebbe un giudizio di valore ma una constatazione scientifica, la cruda analisi dei fatti. In realtà di fatti nel libro di Moebius non ce ne sono. Ci sono invece assunti che attribuiscono alla donna caratteristiche del tipo:

- una strutturale istintualità che rende le sue reazioni simili a quelle degli animali e, come per questi, dipendenti dalle influenze esterne;
- un comportamento ripetitivo e stereotipato ancorato alle convenzioni che intralcia l'uomo nel suo procedere lungo la via del progresso;
- un'innata impossibilità a conciliare intelletto e maternità tanto che, se i due ambiti non rimangono strettamente separati, il risultato sarà quello di dare corpo a un "mostruoso ermafrodita".



1. Moebius PJ, *L'inferiorità mentale della donna*, Torino, Einaudi, 1978.

I tempi non erano maturi per riferirsi esplicitamente al ruolo di oggetto sessuale a cui la natura avrebbe destinato la donna, ma Moebius vi allude in molte pagine del libro, anche quando per dimostrare l'inferiorità femminile usa il dato "scientifico" considerato all'epoca incontrovertibile perché fondato sull'oggettività delle misure del cranio. La craniometria, alla cui dottrina Moebius era stato allevato, riteneva di poter desumere dalle dimensioni del cranio la misura del cervello e quindi il livello delle abilità cognitive dell'individuo. Dal momento che la testa di una donna è generalmente più piccola di quella di un uomo ne consegue che anche il cervello che contiene avrà dimensioni inferiori e un'intelligenza meno sviluppata.

Le misure del cervello

La craniometria era fiorita in Francia nella seconda metà dell'Ottocento con lo scopo dichiarato di dimostrare la superiorità dei bianchi sui neri e (possibilmente) sulle etnie asiatiche.

Il gran maestro di questa crociata colonialista era Paul Broca, un ricercatore di valore, quello che ha identificato nell'emisfero sinistro l'area del linguaggio che ora porta il suo nome. Broca dichiarava senza mezzi termini che «in generale il cervello è più grande nell'adulto che nell'anziano, negli uomini che nelle donne, negli uomini eminenti che in quelli di mediocre talento, nelle razze superiori che in quelle inferiori». E certamente a una razza inferiore appartenevano i neri che con il loro prognatismo dimostravano di trovarsi in uno stadio di transizione tra la scimmia e l'uomo vero, quello bianco. Riguardo alle donne invece Broca si rivelava possibilista scrivendo che, a dispetto del cervello più piccolo, se adeguatamente educate le donne potevano migliorare le loro capacità intellettive.

Fu presto evidente che la dimensione del cranio

non era una misura sufficientemente affidabile per stabilire la relazione tra sviluppo dell'intelligenza e dimensioni del cervello: era necessario misurarne il volume. A quel tempo però non c'erano strumenti per calcolare il volume del cervello altro che *post mortem*. E per ottenere queste misure lo psichiatra americano Edward C. Spitzka lanciò un ardente appello agli uomini di valore – scienziati, scrittori, filosofi – affinché lasciassero il loro cervello alla scienza. In Europa la risposta all'appello fu entusiastica e la dissezione di colleghi morti divenne pratica comune tra gli accademici di fine Ottocento.

L'invito di Spitzka non era stato rivolto alle donne perché evidentemente non si riteneva che ce ne fossero di tale valore da poter essere oggetto di studio. Le misure dunque vennero fatte tutte su maschi e i risultati furono molto deludenti perché il peso del cervello di uomini molto celebrati in vita si rivelò essere spesso sotto la media (che è 1350 g). Quando Broca scoprì che i cervelli di cinque eminenti professori della prestigiosa università di Göttingen pesavano veramente troppo poco rispetto a quanto ci si poteva aspettare viste le posizioni che avevano occupato, scrisse sconsolato (e profetico) "una toga universitaria non è necessariamente un certificato di genialità e perfino a Göttingen le cattedre sono occupate da uomini di non grande valore".

Vale la pena di ricordare che l'idea che nei singoli individui esista una stretta relazione tra intelligenza e dimensioni del cervello è dura a morire: si è continuato a cercare di dimostrarla anche in anni recenti utilizzando le tecniche di *brain imaging* per correlare le misure del cervello in vivo con i valori ottenuti ai test d'intelligenza².

In difesa delle donne

Fino ad allora la voce più importante e articolata che aveva rivendicato per le donne le stesse

2. Pietschnig et al., *Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: How strong are they and what do they mean?*, *Neurosci Biobehav Rev*, 57:411-432, 2015.

capacità mentali e gli stessi diritti degli uomini era stata quella di Mary Wollstoncraft che nel 1792 scrive *A Vindication of the Rights of Woman*, un libro che la espone alle critiche feroci dei suoi contemporanei. Nel libro l'autrice rifiuta con energia la nozione allora prevalente secondo cui le donne andavano trattate come "delicati ornamenti della casa dell'uomo" e sostiene che la loro vita confinata tra le mura domestiche le rende persone frustrate e tiranniche coi figli e con la servitù; se le donne potessero avere accesso all'istruzione nella stessa misura dei maschi e avere le loro stesse opportunità non ci sarebbe nessuna differenza nelle capacità mostrate dai due sessi. Una sua frase celebre recita: "Gli uomini sembrano impiegare la loro ragione per giustificare i pregiudizi di cui sono, chissà come, impregnati piuttosto che per sradicarli».

Mary Wollstoncraft, alla cui figura e opera dedichiamo una scheda nelle pagina seguente, fu schernita e censurata durante il riflusso reazionario che travolse l'Europa dopo la rivoluzione francese, per essere riscoperta nel XX secolo, ad opera delle suffragette prima e delle femministe poi.

Il darwinismo non riscatta le donne

Le teorie evoluzioniste che dall'inizio del Novecento si andavano diffondendo nella cultura europea e prendevano saldamente piede in ambito scientifico non fecero che dare nuovi argomenti a chi sosteneva la naturale inferiorità della donna. Per giustificare la subalternità del genere femminile, i meccanismi evolutivi descritti da Darwin vennero applicati a teorie nebulose per trarre conclusioni dettate da spirito di parte. Di seguito vengono riportati alcuni esempi.

- I giovani di entrambi i sessi somigliano alla femmina della specie. Il fatto che la donna con-

servi nel corso della vita adulta caratteri infantili indicherebbe un arresto nel processo evolutivo. Il famoso anatomico tedesco Oskar Vogt definì la donna uno "stunted man", ovvero un maschio non sviluppato, come una pianta che cresce rachitica e rimane nana, e concluse che gli uomini sono evolutivamente più avanzati delle donne.

- La selezione sessuale è parte integrante della selezione naturale. Per trasferire i suoi geni il maschio deve vincere una competizione intraspecifica: dimostrando di essere fisicamente ed intellettualmente più forte dei suoi simili si assicura l'accesso alle femmine. Le femmine possono scegliere, ma nella maggior parte dei casi non sono particolarmente schizzinose riguardo all'aspetto fisico dei maschi e anzi si mettono nella condizione di farsi scegliere potenziando quelle caratteristiche che alimentano l'attrazione sessuale. In ultima analisi sarebbero i maschi ad avere il potere di selezione e dunque a controllare l'evoluzione.

- Il fenotipo maschile è più variabile di quello femminile e, poiché le variazioni sono il meccanismo principe del processo evolutivo, il maschio sarebbe l'elemento progressivo della specie.

Rimanendo nella stessa linea di pensiero, in anni vicini ai nostri la maggiore variabilità fenotipica del maschio è stata chiamata in causa per spiegare come mai la frequenza di individui geniali sia più alta tra gli uomini che tra le donne.

Un rovesciamento del punto di vista

Se la teoria dell'evoluzione può essere usata per sostenere l'inferiorità femminile, essa si presta però anche a dimostrare la tesi opposta, quella di una naturale superiorità della donna, come recita il titolo del libro che il biologo anglo-americano Ashley Montagu pubblicò per la prima volta nel 1952³.

3. Montagu A, *The natural superiority of women*, London, Macmillan, 1978.

SCHEDA**Mary Wollstonecraft (1759-1797):
la rivendicazione dei diritti della donna**

Nata e morta in Inghilterra nella seconda metà del Settecento, Mary Wollstonecraft visse, per i canoni dell'epoca, una vita molto poco convenzionale. Cresciuta in una famiglia che oggi si direbbe disfunzionale aveva dovuto fin da giovanissima badare a se stessa lavorando come insegnante, governante, traduttrice, mentre si impegnava con determinazione ad innalzare il suo livello d'istruzione e allargare il campo delle conoscenze.

Il suo primo libro, *Pensieri su l'educazione delle figlie (Thoughts on the Education of Daughters: With Reflections on Female Conduct, in the More Important Duties of Life, 1787)* tratto dalla sua esperienza d'insegnante in una piccola scuola femminile che lei stessa aveva fondato insieme alla sorella, fu pubblicato quando Mary, lasciato il lavoro come governante presso un'aristocratica famiglia irlandese, è di nuovo a Londra, decisa a intraprendere una carriera letteraria.

Nella capitale frequenta il circolo di scienziati, artisti e pensatori che si raccoglie intorno a Joseph Johnson, un editore di idee radicali, collabora con la rivista di Johnson *Analytical Review* che diffonde visioni progressiste in tema di politica e di religione e dove lo scoppio della rivoluzione francese viene salutato come l'auspicato cambiamento che avrebbe portato dal "dominio del re a quello della legge" e "dal dominio dei preti al dominio della ragione e della coscienza". Questa posizione fu oggetto di attacchi durissimi da parte dei più conservatori tra i filosofi e gli scrittori inglesi del tempo. Mary partecipa appassionatamente al dibattito e scrive un pamphlet intitolato *Rivendicazione dei diritti dell'uomo (Vindication of the Rights of Man, 1790)*.

A questo segue il libro che la renderà allo stesso tempo celebre e vituperata dai contemporanei. In *Rivendicazione dei diritti della donna (Vindication of the Rights of Woman, 1792)*, Mary sostiene che senza l'uguaglianza tra i sessi non può esserci autentica libertà ed equità sociale. I benpensanti definiscono il libro "scandaloso" e perfino quei politici illuminati che chiedono una riforma parlamentare basata sul suffragio universale sono sconvolti dall'audacia di Mary Wollstonecraft.

Mentre a Londra infuriavano le polemiche Mary parte per Parigi, dove si trovano già molti dei suoi amici inglesi, alcuni per sfuggire all'arresto dopo la pubblicazione dei loro libri in Inghilterra, altri per vivere di persona gli ideali della rivoluzione francese. Sulla rivoluzione e i suoi effetti in Europa scrive un saggio di storia e morale (*An Historical and Moral View of the Origins and Progress of the French Revolution, and the effect it has Produced in Europe, 1794*). Intanto vive *more uxorio* con il capitano Gilbert Imlay, cittadino americano, diplomatico e *businessman*, che però abbandona Mary e la Francia subito dopo la nascita della loro figlia. Umiliata, ferita dai comportamenti di Imlay e, provata dalle difficoltà del vivere, Mary torna in Inghilterra e tenta il suicidio per annegamento. Viene salvata da una barca di pescatori e il suo amico editore, Johnson, la convince che per ritrovare la voglia di vivere deve ricominciare a scrivere. E Mary scrive quello che dal punto di vista letterario è considerato il suo libro migliore: *Lettere scritte durante una breve permanenza in Danimarca, Norvegia e Svezia (Letters Written During a Short Residence in Denmark, Norway and Sweden, 1796)*.

Nel 1797 Mary Wollstonecraft ha un nuovo compagno, il filosofo anarchico William Godwin, e aspetta un bambino. Sebbene siano entrambi contrari al matrimonio, i due si sposano per non complicarsi ulteriormente la vita con una nascita fuori dal matrimonio. Il parto si svolge regolarmente ma Mary contrae la febbre puerperale e muore di setticemia pochi giorni dopo, a 38 anni. Alla neonata viene dato il nome della madre e diverrà quella Mary Shelley che vent'anni dopo scriverà la più celebre delle storie gotiche, *Frankenstein*.

La riscoperta e la riabilitazione di Mary Wollstonecraft si deve principalmente a figure della prima ondata femminista del XX secolo, come la leader delle suffragette Millicent Fawcett e la scrittrice Virginia Woolf. Al tempo del bicentenario della pubblicazione de *I diritti delle donne*, Mary era ormai diventata un'icona femminista. Oggi è un simbolo della lotta contro la misoginia e le discriminazioni di genere. E i suoi lavori vengono ancora pubblicati in tutto il mondo.



Montagu comincia con l'argomentare che, rispetto al maschio, la femmina della specie umana possiede alcune caratteristiche biologiche che appaiono più vantaggiose per la sopravvivenza. Tra le altre cita una maggiore longevità e un corredo genetico che, per la presenza di due cromosomi X, la mette al riparo da certe malattie dovute a difetto cromosomico, come l'emofilia e la cecità ai colori, che colpiscono solo i maschi. Continua poi smontando le teorizzazioni di Darwin e degli evoluzionisti dopo di lui secondo cui la trasmissione ereditaria di tratti come l'intelligenza e le capacità immaginative favorirebbe i maschi molto più delle femmine. E se assolve Darwin perché ai suoi tempi non si conoscevano le leggi della genetica, accusa di malafede gli evoluzionisti moderni che hanno tradito i principi dell'ereditarietà, ormai noti alla scienza, per sostenere i loro pregiudizi.

Infine Montagu ribalta a favore delle donne due osservazioni, una di natura biologica e l'altra psicologica, largamente utilizzate per dimostrare l'inferiorità femminile.

Come abbiamo visto, si sosteneva che la somiglianza delle donne ai giovani della specie sarebbe indicativa di un ritardo del genere femminile lungo il percorso evolutivo. In realtà è vero il contrario. Il mantenimento di caratteristiche morfologiche e fisiologiche giovanili – una condizione chiamata *neotenia* – è stata riconosciuta come uno dei motori principali del processo di umanizzazione: nel corso della vita di noi umani, infatti, i tratti infantili scompaiono molto più tardi che in quella delle nostre cugine scimmie. Steven J. Gould afferma che la neotenia informa tutta la nostra storia evolutiva visto che, tra l'altro, garantisce al cervello una prolungata condizione di plasticità, vantaggiosa per lo sviluppo delle capacità cognitive. In questa luce, commenta Montague, la maggiore neotenia osservata nella fem-

mina della specie umana deve essere interpretata come segno del suo più avanzato livello evolutivo, di una maggiore vicinanza al tipo umano a cui il maschio si va approssimando.

Le donne venivano inoltre accusate (troppo) di "istintualità", di reagire alle situazioni esterne con comportamenti dettati da pulsioni piuttosto che da riflessioni, il che le accomunerebbe alle bestie la cui unica guida è rappresentata dall'istinto. Montagu si sofferma a lungo su questo punto. Quello di cui gli uomini scarseggiano, dice, e che etichettano come "istinto", è il risultato di una pratica nelle relazioni umane che nella donna ha la sua origine nello stretto rapporto madre-figlio ma che viene potenziata ed estesa ben oltre la maternità. Per questa sua migliore capacità relazionale la donna si rivela maggiormente capace di cogliere le sfumature, i segni subliminali delle intenzioni e delle emozioni umane che ai maschi generalmente sfuggono.

All'edizione de *La naturale superiorità della donna*, uscita negli USA nel 1974 nel pieno delle battaglie per la liberazione delle donne, Montagu aggiunge un paragrafo che è una sorta di appassionato appello rivolto alle più radicali tra le militanti del movimento femminista. Sarebbe auspicabile, dice, che la sacrosanta lotta delle donne non si risolva in un'adesione incondizionata alla corrente visione maschile del mondo; le donne dovrebbero impegnarsi per trasmettere ai maschi quelle caratteristiche più squisitamente femminili, di solidarietà, empatia, cooperazione, indispensabili per costruire una società e un'umanità migliore.

Differenze di genere nel cervello

Alla domanda se esistono differenze strutturali tra il cervello degli uomini e quello delle donne la risposta non può che essere: SÌ e NO.

Sì, perché certamente la morfologia e la fisiologia delle strutture sottocorticali che controllano il dimorfismo sessuale e la regolazione degli ormoni legati alla riproduzione non sono identiche nei maschi e nelle femmine. NO, perché nelle regioni implicate nei processi cognitivi ed emozionali (aree della corteccia e sistema limbico) non è presente alcuna differenza tra i due sessi.

I primi studi sulla lateralizzazione funzionale degli emisferi cerebrali, cioè sulla prevalenza dell'emisfero sinistro per competenze linguistiche e dell'emisfero destro per competenze spaziali, hanno fatto ipotizzare che nelle donne la divisione di compiti tra i due emisferi fosse più sfumata o addirittura assente. Poiché nelle scimmie antropomorfe non sembra esistere nessuna differenza funzionale tra gli emisferi, il dato è stato letto come una prova ulteriore della posizione della donna su un gradino più basso della scala evolutiva.

Anche ammesso che nelle donne la specializzazione emisferica non sia così netta come nei maschi – e gli studi più recenti⁴ non sono concordi su questa conclusione – la condivisione delle funzioni tra i due emisferi può essere vista come un vantaggio e non già come un segno di inferiorità evolutiva. La localizzazione in un solo emisfero di aree deputate ad una specifica funzione, come la produzione e la comprensione del linguaggio, contiene in sé un elemento di vulnerabilità: una lesione emisferica infatti causa all'individuo la perdita definitiva di quella funzione che l'altro emisfero non è in grado di vicariare. Una ridotta specificità emisferica, invece, per cui le due metà del cervello sono entrambe più o meno attrezzate per lo stesso compito, rappresenta una salvaguardia contro un deficit funzionale irreparabile. E dunque una condizione di limitata lateralizzazione potrebbe essere stata utile al genere umano per garantire l'efficienza di chi, con la cura dei piccoli, ha giocato un ruolo cruciale nella soprav-

vivenza della specie.

Un'idea molto popolare è che i cervelli maschili siano più adatti al ragionamento astratto, in particolare nel campo della matematica, e che questa sia una predisposizione innata. Non ci sono prove biologiche né solidi dati neuropsicologici a sostegno di questa convinzione, che è però così pervasiva da influenzare anche persone (intese come maschi) di alta cultura come Lawrence Summers, presidente dell'Università di Harvard. Nel 2005, in un discorso pubblico, Summers commentò che il numero limitato e lo scarso successo delle donne nella ricerca scientifica e specialmente in quella matematica era da imputare a differenze presenti fin dalla nascita tra i cervelli maschili e quelli femminili. Le reazioni sollevate da questa dichiarazione costrinsero Summers alle dimissioni dalla presidenza di Harvard.

Nel 2008 è stato condotto uno studio⁵ sulle abilità matematiche dei due sessi usando come soggetti 300.000 adolescenti di 30 paesi diversi. I risultati dimostrano chiaramente quale sia il peso dell'ambiente socio-culturale nel determinare le prestazioni delle donne. Là dove c'è una sostanziale uguaglianza nell'accesso agli studi tra maschi e femmine (Svezia, Norvegia, Islanda) i risultati delle ragazze ai test matematici sono pari a quelli dei ragazzi o anche migliori; i maschi prevalgono invece sulle femmine in paesi come la Turchia, la Corea e l'Italia.

Una qualità attribuita – con una certa compiacenza – alle donne è quella di essere *multitasking* indicando con questo termine la capacità di fare cose diverse contemporaneamente o in rapida successione. Le donne avrebbero un'innata attitudine al *multitasking* che manifestano quotidianamente dal momento che, oltre a fare il loro lavoro fuori casa, riescono anche ad occuparsi di pulizie domestiche, preparazione dei pasti, accudimento dei bambini, degli animali domestici e magari anche del partner. È stato suggerito che,

4. Sommer IE et al. *Do women really have more bilateral language representation than men? A meta-analysis of functional brain imaging studies*, Brain, 127:1845-1852, 2005.

5. Guiso L et al. *Culture, gender and maths*, Science, 320:1164-1165, 2008.

diversamente dagli uomini, il cervello delle donne sia strutturato per fronteggiare svariate e simultanee richieste comportamentali grazie a una migliore connettività interemisferica che assicura un più alto grado di cooperazione tra le due metà del cervello. Uno studio⁶ pubblicato nel 2014 ha cercato di verificare questa ipotesi utilizzando una sofisticata tecnica di *brain imaging* che permette di paragonare l'attività delle fibre di collegamento tra gli emisferi con l'attività delle fibre che decorrono all'interno di ogni singolo emisfero. La comparazione è stata fatta in maschi e femmine di tre classi di età: bambini, adolescenti e giovani adulti. Per dimostrare la predisposizione biologica delle femmine al *multitasking* era necessario che in tutte le classi di età venisse osservata una più intensa attività delle connessioni inter- rispetto a quelle intra-emisferiche, e che questa prevalenza non fosse presente nei maschi. I dati mostrano che nell'infanzia non c'è differenza nella connettività cerebrale dei due sessi; nell'adolescenza emerge una tendenza delle femmine a rafforzare le connessioni tra gli emisferi ma la differenza con i maschi di pari età non è statisticamente significativa e rimane sotto la soglia della significatività anche nei giovani adulti in cui la tendenza appare più accentuata. Questi risultati, corredati dalle accattivanti immagini colorate che illustrano il decorso delle fibre nel cervello in vivo, sono stati diffusi dai media come la prova scientifica dell'attitudine femminile al *multitasking*, ma sono tutt'altro che conclusivi. Anzi, possono essere letti come un esempio della plasticità del cervello umano che viene modellato dalle influenze ambientali. Infatti, poiché l'efficienza della connettività interemisferica delle donne cresce col tempo e una qualche differenza con i maschi diviene percepibile solo negli adulti, è legittimo escludere ogni ipotesi di innatismo e pensare invece che le strutture responsabili dell'abilità di *multitasking* vengono potenziate dalla pratica, in risposta, presumibilmente, alle richieste dell'ambiente sociale e familiare oltre che dell'educazione. ●

6. Ingahlhalikar M et al., *Sex differences in the structural connection of the human brain.*, PNAS, 111:823-828, 2014.

SCHEDA

Ashley Montagu (1905-1999): un rovesciamento dei luoghi comuni



Non è con questo nome che è stato registrato alla nascita avvenuta nell'East End di Londra, un quartiere povero tradizionalmente abitato da inglesi della classe operaia e da immigrati da ogni parte d'Europa.

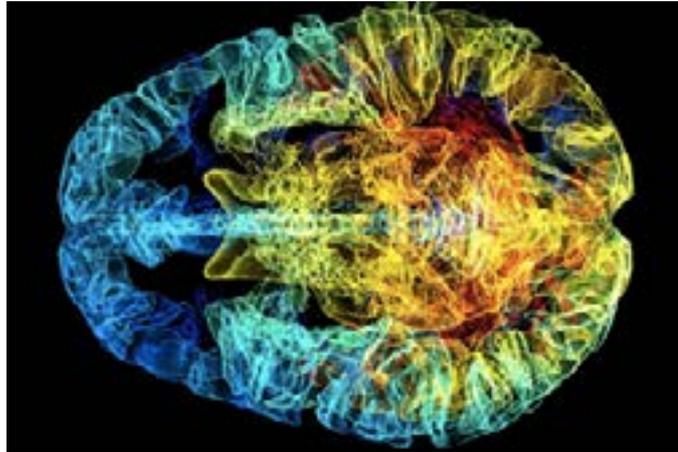
Forse è stato proprio il *melting pot* di facce, lingue e culture in cui è stato immerso da ragazzo a spingerlo a studiare l'antropologia e l'evoluzione umana. I genitori erano ebrei russo-polacchi che disapprovavano il suo amore per i libri e i suoi interessi; l'avevano chiamato Israel, e lui è stato Israel Ehrenberg fino al 1940 quando, diventando cittadino americano, è diventato Ashley Montagu. Il cognome che ha adottato è quello di una signora inglese del XVIII secolo, Mary Montagu, scrittrice, paladina della vaccinazione antivaiolosa e dell'indipendenza delle donne. All'epoca Montagu è un giovane uomo che ha studiato antropologia fisica e culturale in Europa e in America con grandi insegnanti (tra cui Malinowsky), ha conseguito un dottorato alla Columbia e insegna alla Rutgers University nel New Jersey.

Alla fine della guerra pubblica diversi articoli divulgativi in cui ribadisce quanto aveva sostenuto nel suo libro *Man's Most Dangerous Myth: The Fallacy of Race* (1942) e cioè che le razze non sono una realtà biologica ma un costrutto sociale. In ambito scientifico l'inesistenza delle razze non era affatto una nozione universalmente accettata e Montagu non disponeva delle prove decisive che la genetica molecolare avrebbe fornito solo molti anni dopo. Ma la forza dei suoi ragionamenti è tale che l'UNESCO lo chiama ad essere il principale estensore della *Dichiarazione contro le razze*, emanata nel 1951.

In quegli anni Montagu studia anche i meccanismi dell'evoluzione e teorizza che la cooperazione, e non la competizione, ne sia il motore principale.

Montagu non è stato soltanto uno studioso della biologia e delle civiltà umane ma anche un attento osservatore e un critico coraggioso della società occidentale. Negli anni '50 inizia una campagna contro la proliferazione delle armi atomiche che vede come un rischio per il fragile equilibrio tra gli stati raggiunto dopo le devastazioni del conflitto mondiale. Il suo libro più famoso *The natural superiority of women* esce nel 1952; sarà un successo editoriale e l'oggetto di un accalorato dibattito dentro e fuori gli ambienti femministi. Verrà ripubblicato molte volte nel corso dei successivi trent'anni.

SCHEDA: la Risonanza Magnetica



L'avvento della Risonanza Magnetica (RM), negli anni '80 del secolo scorso, ha rivoluzionato gli studi sul cervello. Le immagini delle strutture cerebrali *in vivo* che prima venivano ottenute con tecniche invasive e di scarsa risoluzione, diventano grazie alla RM estremamente più definite e soprattutto più facili da acquisire. La visualizzazione del cervello infatti non richiede l'iniezione - potenzialmente rischiosa - di sostanze radioattive o di mezzi di contrasto, ma si basa sull'applicazione di intensi campi magnetici che, interferendo con il movimento degli atomi di idrogeno presenti nei liquidi organici, creano dei gradienti magnetici da cui si ricava la *mappa* delle strutture sottostanti.

Nella pratica clinica la RM è un ausilio prezioso per rivelare alterazioni nell'anatomia del cervello così come di altri organi e parti del corpo (RM strutturale) ma è nella sua versione funzionale (RMf) ad essere diventata lo strumento principe della ricerca neuroscientifica.

La RMf utilizza le proprietà magnetiche dell'emoglobina che si modificano in risposta ai cambiamenti dei livelli di ossigeno; da queste variazioni si desume l'entità del flusso ematico locale. L'assunto è che più una regione è attiva (funzionante) e più sarà alto il suo flusso sanguigno, a paragone di altre regioni del cervello. La RMf dunque non misura direttamente l'attività neurale, ma stima il livello di attivazione delle diverse strutture cerebrali in base all'apporto ematico locale valutato dal grado di ossigenazione dell'emoglobina.

Poiché la risoluzione spaziale della RMf è molto buona, di pochissimi millimetri (al contrario di quella temporale che è molto bassa rispetto alla velocità con cui viaggiano i segnali nervosi), è possibile ottenere immagini anche delle strutture cerebrali profonde, subcorticali, mentre il soggetto è impegnato in un compito, per esempio pianificare o eseguire atti motori, riconoscere figure o suoni e compiere delle scelte. Per questo la RMf viene comunemente descritta come il metodo con cui si può *fotografare il cervello al lavoro*.

L'uso della RMf in ambito neurobiologico si è diffuso con straordinaria rapidità. La relativa innocuità del mezzo e l'apparente facilità con cui si potevano ottenere informazioni circa il funzionamento del cervello umano integro (fino ad allora le conoscenze venivano principalmente dagli esperimenti sugli animali e dai casi clinici con lesioni cerebrali focali) ha provocato un'esplosione di studi. L'obiettivo di un gran numero di questi lavori era localizzare la sede delle funzioni cognitive superiori, dalle diverse forme di memoria al calcolo matematico, dall'attenzione al ragionamento analitico, fino a voler identificare le aree responsabili degli stati mentali e delle attitudini psicologiche dell'individuo. La furia localizzatrice di queste linee di ricerca ha provocato - già da qualche anno - le critiche di alcuni addetti ai lavori che hanno paventato la nascita di una "nuova frenologia"¹ e messo in evidenza le limitazioni tecniche della RMf e le modalità spesso troppo disinvolute con cui i dati sono elaborati ed interpretati².

Le procedure con cui si passa dai dati grezzi (le misure delle variazioni magnetiche) a poter asserire che una certa struttura neurale è funzionalmente implicata nel compito sperimentale, sono estremamente laboriose e complicate. Poiché la RMf richiede che vengano raccolte centinaia di migliaia di misure su tutto il cervello c'è il notevole rischio che un'attivazione locale sia frutto del caso e non indichi affatto che quella parte del cervello è determinante per una specifica funzione. Per escludere attivazioni sporadiche e inconsistenti è necessario che i valori dell'attività misurati in regioni cerebrali diverse vengano confrontati tra loro mediante stringenti analisi statistiche, e l'identificazione delle aree che si attivano esclusivamente durante il compito sperimentale deve poter emergere da questi confronti oltre che dal confronto con una condizione neutra, di controllo. I risultati di queste sofisticate procedure analitiche sono poi elaborati graficamente al computer e presentati in forma iconica: su un cervello visto dall'alto sono rappresentati in colori diversi i diversi livelli di attività osservati nelle regioni cerebrali.

In questi anni ci siamo abituati a vedere queste immagini riprodotte sui giornali e sul web per illustrare le nuove acquisizioni neuroscientifiche, anche quando si tratta di risultati inconsistenti il cui unico valore è il sensazionalismo. Come è accaduto nel 2007, quando, in occasione delle elezioni primarie per la presidenza degli USA, il *New York Times* riportò con molta enfasi le immagini di uno studio³ che metteva in relazione l'architettura cerebrale con le preferenze politiche individuali; e nel 2015, quando molta stampa internazionale ha mostrato da quali regioni del cervello dipenderebbero le emozioni proprie dell'amore romantico⁴.

NOTE

1. Sherman M, *A new phrenology?*, Sci Am, 298:46-48, 2018.

2. Poldrack R A et al., *Scanning the horizon: towards transparent and reproducible neuroimaging research*, Nat Rev Neurosci, 2:115-126, 2017.

3. Kaplan J T et al., *Us versus them: political attitudes and party affiliation influence neural responses to faces of presidential candidates*, Neuropsychologia, 45:55-64, 2007.

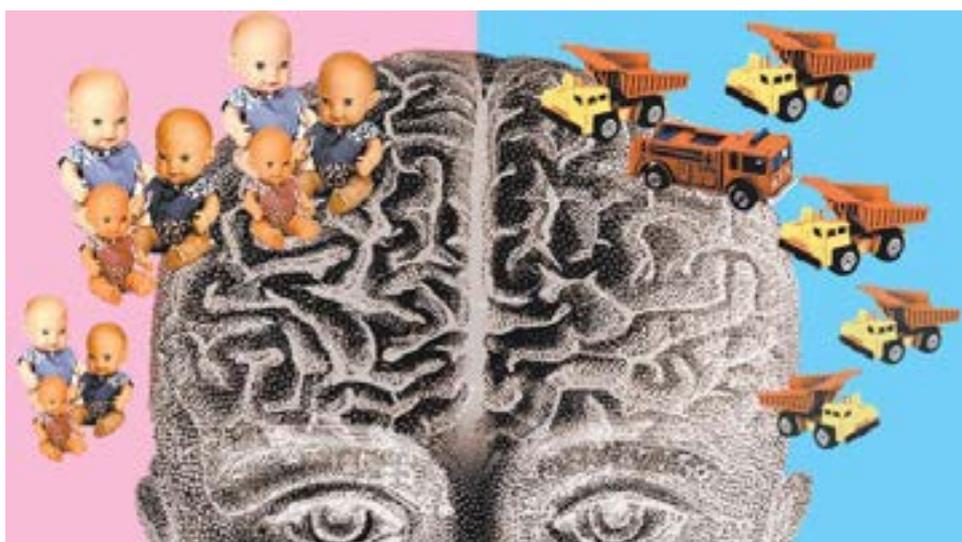
4. Song H et al., *Love related changes in the brain: a resting-state FMRI study*, Front Hum Neurosci, 9:71-75, 2015.

Il sesso del cervello. Al di là dei pregiudizi

Catherine Vidal

Un pregiudizio consolidato e costantemente ribadito attribuisce a uomini e donne differenze innate di attitudini e di comportamenti. Le nuove tecniche di *imaging* mostrano una “plasticità cerebrale” che sembra escludere una predisposizione genetica in campi come l’attività motoria, la competenza matematica o l’abilità linguistica. Sulla base delle acquisizioni della neurobiologia è possibile fare giustizia di pregiudizi e stereotipi decisamente infondati e costruire una cultura dell’eguaglianza.

Noi umani, donne e uomini, abbiamo tutti personalità diverse e modi di pensare differenti. Ma da dove vengono le differenze? Sono innate o acquisite? Qual è il ruolo della biologia e quale quello dell’ambiente sociale e culturale nella costruzione delle nostre identità? Sono questioni oggetto di dibattiti appassionati da secoli. Con i progressi delle conoscenze nel campo delle neuroscienze saremmo tentati di credere che i pregiudizi e gli stereotipi sulle differenze di attitudine e di comportamento tra i sessi siano stati superati. Ma non è questo il caso nella vita quotidiana. Televisione, siti internet, stampa pretendono che le donne siano “naturalmente” multifunzionali, dotate per le lingue, ma incapaci di leggere una carta stradale, mentre i maschi sarebbero per essenza bravi in matematica, competitivi e litigiosi. Questi discorsi lasciano credere che le nostre attitudini e le nostre personalità siano programmate geneticamente nel cervello e immutabili. Ora, le ricerche nel campo della neurobiologia provano il contrario. Le nuove tecniche di *imaging* cerebrale con RM mostrano che i cervelli fabbricano



continuamente nuove connessioni tra neuroni in funzione degli apprendimenti e delle esperienze vissute. La scoperta della “plasticità cerebrale” è una vera rivoluzione nelle nostre concezioni del funzionamento del cervello umano¹. Nulla è fissato da sempre nel cervello, quali che siano il sesso e le età della vita.

La costruzione di ragazze e ragazzi

Per capire ciò che ci rende donne o uomini, è necessario individuare quando e come emergono le differenze tra i sessi. Bisogna perciò indagare i processi di sviluppo che, dalla vita fetale agli anni successivi alla nascita, guidano la “costruzione” di ragazze e ragazzi. *Cosa sappiamo veramente sulle differenze tra i sessi nei primi tre anni di vita?* è il titolo di un articolo di Anne Fausto-Sterling che passa in rassegna centinaia di studi sullo sviluppo dei bambini pubblicati in cinquant’anni².

Sviluppo motorio

Alla nascita i bambini sono un po’ più tonici delle bambine. La differenza è debole. Le misure statistiche del tasso di attività dei neonati maschi e femmine si sovrappongono per l’80%. All’età di 2 mesi la differenza sparisce. Riappare in seguito intorno ai 6-12 mesi (sovrapposizione del 75%). Le ragioni della fluttuazione di queste differenze tra i sessi restano oscure. Sono state proposte diverse ipotesi, come differenze nella capacità cerebrale di gestione dei movimenti o esposizione allo stress nel periodo prenatale. Anche le differenze nelle cure prodigate ai bambini potrebbero avere un ruolo. In ogni caso, nessuno di questi eventi precoci è sufficiente a spiegare perché, andando verso l’età adulta, i maschi praticino più attività fisiche e adottino comportamenti più violenti rispetto alle ragazze.

Apprendimento del linguaggio

Le differenze tra i sessi nel balbettamento dei bebè non si manifestano prima dei 6 mesi. A partire da tale età, le bambine superano leggermente i maschi nell’espressione verbale (sovrapposizione del 94%). Le differenze tra i sessi si accentuano in seguito verso i 2-3 anni (sovrapposizione del 34%). Le ragioni per cui le bambine padroneggiano meglio il linguaggio non sono note. Alcuni invocano differenze biologiche (cervello, ormoni) che restano però da dimostrare. Altri fanno valere il fatto che, fin dalla più giovane età, gli adulti che circondano i bambini parlano più alle femmine che ai maschi. Alcuni studi hanno mostrato correlazioni significative tra le interazioni verbali madre-bambino a 6 mesi e lo sviluppo delle capacità di linguaggio a 17-24 mesi³. Andando verso l’età adulta le differenze tra i sessi nel linguaggio si smorzano progressivamente. Quando si studiano con IRM le regioni del cervello implicate nel linguaggio, le statistiche su più di un migliaio di donne e uomini testati non mostrano differenze tra i sessi⁴.

Imparare a contare e orientarsi nello spazio

Molte ricerche hanno analizzato come si sviluppano nei bambini i sistemi cognitivi che permettono di padroneggiare le operazioni matematiche elementari⁵. Il senso dei numeri e la percezione delle relazioni geometriche compaiono tra i 3 e i 6 mesi. Fin verso i 10 anni le attitudini al ragionamento matematico si sviluppano nello stesso modo nei maschi e nelle femmine.

È a partire dall’adolescenza e nell’adulto che sono stati constatati scarti di performance in matematica a favore dei maschi. Nel 1990, negli Stati Uniti, uno studio statistico su milioni di studenti liceali aveva mostrato che i ragazzi riescono meglio delle ragazze nei test di

1. Vidal C, *Nos cerveaux resteront-ils humains?*, Paris, Le Pommier, 2019.

2. Fausto-Sterling A, Garcia C, Lamarre M, *Sexing the baby: Part 1. What do we really know about sex differentiation in the*

first three years of life?, Social Science & Medicine, 74:684-692, 2012.

3. De Mendonça J, Cossette L, Strayer F, Gravel F, *Mother-child and father-child interactional synchrony in dyadic*

and triadic interactions, Sex Roles, 64:132-142, 2011.

4. Kaiser A et al., *On sex/gender related similarities and differences in fMRI language research*, Brain Research Reviews, 61:49-59, 2009.

5. Spelke E, *Sex differences in intrinsic aptitudes for mathematics and science? a critical review*, American Psychologist, 60:950-958, 2005.

matematica. Alcuni avevano interpretato questo risultato come il segno di un'inefficienza del cervello delle femmine per la matematica... La stessa inchiesta realizzata nel 2008 mostra questa volta che le ragazze ottengono risultati buoni come quelli dei ragazzi⁶. Difficile immaginare che ci sia stata, in due decenni, una mutazione genetica del cervello delle ragazze tale da renderle più portate per la matematica! Il risultato è dovuto infatti allo sviluppo dell'insegnamento delle materie scientifiche e alla presenza costante delle ragazze in queste materie⁷.

Preferenza nei giocattoli

Gli studi sul comportamento dei bambini di fronte ai giocattoli non mostrano differenze tra i sessi all'età di 3 mesi. Le differenze emergono verso i 10 mesi e sono molto marcate a 3 anni. Le bambine preferiscono generalmente le bambole e i peluche mentre i bambini sono più attratti dai giocattoli a ruote e dai giochi di costruzione. Queste preferenze sono globalmente conformi agli stereotipi degli adulti che attribuiscono sistematicamente alle femmine la cura dei bambini e ai maschi il gusto per la meccanica⁸. Nella fascia d'età tra i 12 e i 27 mesi, gli adulti dell'entourage dei bambini scelgono per lo più giocattoli diversi a seconda del sesso e non sulla base dell'interesse manifestato dai bambini. Ora, alcuni ricercatori continuano a pretendere che le preferenze delle bambine per le bambole e dei bambini per i camion siano innate e determinate geneticamente perché si ritrovano anche nelle scimmie. Queste tesi sono state oggetto di critiche dettagliate che mostrano l'inconsistenza dei dati scientifici su cui si basano⁹.

La costruzione del cervello delle ragazze e dei ragazzi

Alla nascita i maschi sono in media più pesanti delle femmine. Il volume del loro cervello è

superiore di circa il 10% rispetto a quello delle femmine. Se si rapporta il volume del cervello alla taglia del corpo, la differenza tra i sessi si riduce al 4% ma resta significativa. Riguardo alla struttura interna del cervello, numerosi studi RM¹⁰ hanno mostrato variazioni secondo il sesso nei volumi della materia grigia (in cui si concentrano i corpi cellulari dei neuroni) e della materia bianca (costituita dalle fibre nervose che escono dai corpi cellulari dei neuroni). Dalla nascita fino all'età adulta le femmine hanno in media un po' più di materia grigia e i maschi un po' più di materia bianca¹¹.

Queste differenze cerebrali hanno dato luogo a ogni sorta di speculazioni che pretendevano di spiegare le differenze tra i sessi nell'orientamento spaziale, nel ragionamento, nell'intuizione, ecc. Alcuni studi recenti hanno rimesso in discussione l'interpretazione delle differenze anatomiche tra i cervelli delle donne e degli uomini, mostrando che di fatto tali differenze sono solo apparenti. Spariscono se si prende in considerazione la taglia del cervello in quanto tale. Così, quando si confrontano cervelli maschili e femminili del medesimo volume (che rappresentano il 15-20% dei casi nella popolazione) non si vedono più differenze nelle proporzioni di materia grigia e bianca. In effetti, più un cervello è grosso, più il rapporto tra materia bianca e materia grigia aumenta. Il maggiore sviluppo delle fibre nervose quando il volume del cervello aumenta permette di assicurare una migliore efficacia della propagazione del segnale nervoso tra regioni distanti del cervello. Si comprende perciò che gli studi che confrontano i cervelli dei due sessi senza tener conto della taglia del cervello (cosa che avviene nella maggior parte degli studi) possono condurre a conclusioni erronee sull'origine delle differenze cognitive tra i sessi.

6. Hyde J S, E. Janet, Mertz JE, *Gender, culture, and mathematics performance*, PNAS, 106:8801-8807, 2009.

7. Andreucci C et al. *L'organisation des curricula d'éducation technologique dans*

différents pays européens, Review of science, mathematics and ICT education, 4:63-84, 2010.

8. Hyde JS, E. Janet, Mertz JE, *Gender, culture, and mathematics performance*, cit.

9. Fillod O, *Le camion et la poupée: jeux de singes, jeux de vilains* <http://allodoxia.blog.lemonde.fr/>

10. Ruigrok A et al., *A meta-analysis of sex differences in human brain structure*,

Neuroscience and behavioral reviews, 39:34-50, 2014.

11. Hänggi J et al., *The hypothesis of neuronal interconnectivity as a function of brain size*, Frontiers in human neuroscience, 8:3-16, 2014.

Alcuni studi RM sullo sviluppo del cervello dall'infanzia all'adolescenza mostrano che fino all'età di 2 anni il ritmo di crescita delle diverse regioni cerebrali è nel complesso identico per i maschi e per le femmine¹². Differenze tra i sessi sono state osservate a partire dai 5 anni in certe zone del cervello. Non è possibile determinare l'origine, innata o acquisita, di tali differenze. Di fatto, lo sviluppo post-natale del cervello è strettamente legato agli stimoli dell'ambiente e alla storia del bambino. Numerosi studi hanno mostrato che fin dalle prime ore della vita di un bambino gli adulti si comportano diversamente con un maschio o una femmina nelle espressioni affettive, nelle parole, nei contatti fisici, nei giochi, ecc. Queste esperienze del vissuto del bambino possono influenzare il ritmo di crescita di certe regioni del cervello che è particolarmente malleabile – plastico – nei più giovani.

Resta ancora da svolgere un importante lavoro di ricerca sulle mutue interazioni tra i fattori dell'ambiente e i processi biologici dello sviluppo nei bambini. Si tratta di questioni cruciali per capire l'origine dei disturbi del linguaggio e del comportamento come la dislessia, l'iperattività o l'autismo, che colpiscono più i maschi che le femmine. Una chiave decisiva per la comprensione di questi meccanismi risiede nello studio della plasticità del cervello.

Differenze tra i sessi e plasticità cerebrale

Cosa rispondere oggi alla domanda: il cervello ha un sesso? La risposta scientifica è sì e no¹³. Sì, perché il cervello controlla le funzioni associate alla riproduzione sessuata. Così, nel cervello femminile troviamo neuroni che si attivano ogni mese per produrre l'ovulazione, cosa che non avviene nei maschi. Ma riguardo alle funzioni cognitive, le conoscenze attuali sullo sviluppo del

cervello e la plasticità cerebrale mostrano che ragazze e ragazzi hanno le stesse potenzialità di ragionamento, memoria, attenzione.

Quando il neonato vede la luce, il suo cervello conta 100 miliardi di neuroni, che cessano in quel momento di moltiplicarsi. Ma la costruzione del cervello non è certo terminata, perché le connessioni tra neuroni, le sinapsi, cominciano appena a formarsi: solo il 10% di esse è presente alla nascita. Ciò significa che la maggior parte delle sinapsi si formano a partire dal momento in cui il bambino comincia ad interagire con il mondo esterno.

Il sistema visivo è l'esempio più chiaro. Alla nascita, la visione del neonato è molto sommaria. Solo all'età di 5 anni il bambino possiede capacità visive paragonabili a quelle dell'adulto¹⁴. Occorrono dunque 5 anni per realizzare il cablaggio dei neuroni che trasportano le informazioni visive dalla retina al nervo ottico, fino alla corteccia cerebrale dove vengono analizzati i segnali luminosi. Ora, l'impatto della luce sulla retina è una condizione indispensabile perché i neuroni deputati alla visione si connettano correttamente. La mancanza di stimolazione dell'occhio da parte della luce nei bambini affetti da cataratta può condurre alla cecità¹⁵.

Le influenze della famiglia, dell'educazione, della cultura, della società giocano un ruolo enorme nel cablaggio dei neuroni e nella costruzione del cervello¹⁶. Per esempio, nei pianisti si osserva un ispessimento delle regioni della corteccia cerebrale specializzata nella motilità delle dita e nell'udito. Questo fenomeno è dovuto alla costruzione di connessioni supplementari tra i neuroni. Inoltre questi cambiamenti della corteccia sono direttamente proporzionali al tempo dedicato all'apprendimento del pianoforte nell'infanzia. La plasticità cerebrale è all'opera anche nella vita dell'adulto. Uno studio RM condotto su autisti di

12. Gilmore JH et al., *Longitudinal Development of Cortical and Subcortical Gray Matter from Birth to 2 Years*, *Cerebral Cortex*, 22:2478-2485, 2012.

13. Fausto-Sterling A, Garcia C, Lamarre M, *Sexing the*

baby, cit.; Vidal C, *Nos cerveaux, tous pareils, tous différents!*, Belin, 2015.

14. Braddick O, Atkinson J, *Development of human visual function*, *Vision Res.*, 51:1588-1609, 2011.

15. Angeles-Han S, Yeh S, *Prevention and management of cataracts in children with juvenile idiopathic arthritis-associated uveitis*, *Curr Rheumatol Rep*, 141:42-49, 2012.

16. May A, *Experiencedependent structural plasticity in the adult human brain*, *Trends in Cognitive Sciences*, 15:475-482, 2011.

taxi mostra che le zone del cervello che controllano la rappresentazione dello spazio sono più sviluppate, e questo proporzionalmente agli anni di esperienza di guida del taxi. Anche l'apprendimento di nozioni astratte può comportare modifiche cerebrali. Nei matematici professionisti, uomini e donne, si osserva un ispessimento delle zone della corteccia implicate nella manipolazione mentale dei numeri e dei dati geometrici. Nell'apprendimento della giocoleria, dopo tre mesi di pratica si constata un ispessimento delle regioni corticali che controllano la coordinazione delle braccia e la visione. E se cessa l'allenamento, le zone precedentemente ispessite regrediscono.

Questi studi e molti altri mostrano come la storia di ciascun individuo si iscrive nel suo cervello. Ecco perché il volume, la forma, le attività del cervello sono molto variabili da un individuo all'altro. Ragazze e ragazzi, educati diversamente, possono mostrare divergenze di funzionamento cerebrale, ma questo non significa che tali differenze fossero presenti nel cervello dalla nascita, né che esse vi resteranno impresse. Studi IRM realizzati su vasti campioni mostrano che le differenze tra i cervelli di persone dello stesso sesso sono talmente importanti da superare spesso le differenze tra i due sessi¹⁷. Ciascuno dei 7 miliardi di individui sul pianeta possiede un cervello unico nel suo genere, indipendentemente dal fatto di appartenere al sesso maschile o femminile.

Il concetto di plasticità permette di superare il dilemma classico che tende a contrapporre natura e cultura. Di fatto, l'innato e l'acquisito sono inseparabili, perché l'interazione con l'ambiente è

la condizione indispensabile dello sviluppo e del funzionamento del cervello. L'innato fornisce la capacità di cablaggio tra neuroni, l'acquisito permette la realizzazione effettiva di tale cablaggio. Il sesso e il genere non sono variabili separate, ma si articolano in un processo di incorporazione (*embodiment*) che indica l'interazione tra il sesso biologico e l'ambiente sociale, e questo fin dalla nascita¹⁸.

Costruire una cultura dell'eguaglianza

Tutte queste acquisizioni della neurobiologia confortano e arricchiscono le ricerche delle scienze umane e sociali sul genere che analizzano come si formano le identità e i rapporti sociali tra i sessi. Con buona pace di certi ambienti conservatori, il genere non nega la realtà biologica: al contrario, la integra. Ogni persona umana, per la sua esistenza e per la sua esperienza, è simultaneamente un essere biologico e un essere sociale. Malgrado questa evidenza, i sostenitori del determinismo biologico delle differenze tra i sessi sono tuttora molto agguerriti. In questo dibattito sociale, è importante che i biologi si impegnino a mettere in discussione le false evidenze che vorrebbero l'ordine sociale un riflesso dell'ordine biologico. Se le ragazze e i ragazzi non fanno le stesse scelte di orientamento scolastico e professionale, non è a causa di differenze nelle capacità cognitive del loro cervello. Se le donne hanno il carico delle attività domestiche, dei bambini e degli anziani, non è a causa di un istinto naturale. Se le donne sono vittime di violenze, la colpa non è del testosterone che rende gli uomini aggressivi. Prendere di petto i pregiudizi essentialisti è indispensabile per combattere gli stereotipi, portare avanti azioni politiche e costruire insieme una cultura dell'eguaglianza. ●

17. Kaiser A et al., *On sex/gender related similarities and differences in fMRI language research*, Brain Research Reviews, 61:49-59, 2019; Mueller S et al., *Individual Variability in Functional Connectivity Architecture of the Human Brain*, Neuron, 77:586-595, 2013; Jancke L et al., *Size, sex, and the aging brain*, Human brain mapping, 36:150-169, 2015;

Joel Daphna et al., *Sex beyond the genitalia: The human brain mosaic*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 112:5468-5473, 2015.

18. Fausto-Sterling A, Garcia C, Lamarre M, *Sexing the baby*, cit.

uno scatto alla natura

il pesce luna prende il sole

foto di Roberto D'Alessandro, testo di Giambattista Bello



Pesce luna, Mola mola. Primi di giugno 2009, ore 9; 8 miglia al largo della costa tra Polignano a Mare e Monopoli (prov. di Bari), Adriatico meridionale, fondale -120 m; mare calmo, cielo sereno, temperatura dell'aria 24 °C. Foto: Nikon D70, obiettivo Nikon DX 18/55mm f 3,5-5,6 G.

Questo singolare pesce detiene vari record. È il peso massimo tra i pesci ossei, con 2,3 tonnellate; è il più prolifico: una femmina adulta può produrre oltre 300 milioni di uova per stagione riproduttiva; è uno dei pesci col più alto tasso di crescita in peso, giacché un individuo ospite del *Monterey Bay Aquarium* crebbe da 26 a 399 kg (raggiungendo la lunghezza di 1,8 m) in solo 15 mesi. È pure una pellaccia, nel vero senso della parola, in quanto lo spessore della sua pelle supera i 7 cm. Inoltre, il suo scheletro è costituito in buona parte da materiale cartilagineo, il che contribuisce all'alleggerimento

della struttura ossea e alla diminuzione del peso specifico; il pesce luna, infatti, non possedendo una vescica natatoria, necessita di altri sistemi per favorire il galleggiamento neutro. La peculiarità più evidente del pesce luna è, comunque, rappresentata dalla forma unica, che ne permette l'immediato riconoscimento: un enorme corpo ovale senza coda, lungo fino a 3,3 m; un ovale, da cui sporgono in alto e in basso due ampie pinne, i cui apici arrivano a distare tra loro più di 4 m. Quindi, un gigante del mare di tutto rispetto; un gigante a moto lento. L'assenza di una vera coda, infatti, gli impedisce di nuotare velocemente per assenza della propulsione *a tergo*, come negli altri pesci. Per spostarsi 'rema' con le due grandi pinne, un modo insolito per i pesci. La bocca del pesce luna è relativamente piccola e, un tempo, si pensava che gli servisse per mangiare solo organismi planctonici, soprattutto meduse e altre creature gelatinose. Ora, però, sappiamo che la sua dieta è molto più varia ed è composta, oltre che da organismi gelatinosi, da tutto ciò che è catturabile perché più lento di lui, come pesci, cefalopodi e crostacei di piccola taglia. In definitiva, è un pesce poco aggressivo (secondo gli umani criteri) che, contro i potenziali predatori, per sopperire alla bassa velocità di fuga, ha evoluto sistemi di difesa passivi, quali il raggiungimento di una grande mole in tempi relativamente brevi e la pelle molto spessa. Vive nelle acque tropicali e temperate di tutti i mari, incluso il Mediterraneo. Il comportamento ripreso nella foto di Roberto D'Alessandro è tipico del pesce luna, che talora si adagia su un fianco presso la superficie del mare. Alcuni ittiologi asseriscono che lo fa per prendere il sole e riscaldarsi dopo un'immersione in acque fredde, ma questa ipotesi non è corroborata dalla sua eterotermia (è animale a sangue freddo). Secondo altri, si porta in superficie per permettere agli uccelli marini di beccargli via i parassiti che ne infestano il corpo. L'abitudine di "prendere il sole" gli avrebbe guadagnato il nome inglese, *sunfish* (o anche *ocean sunfish*), che però potrebbe essergli stato assegnato per la sagoma quasi circolare, paragonabile a quella dell'astro che ci dà luce e calore. Di certo, la sua forma è alla base dei nomi coniat per lui dai popoli neolatini e germanici, che fanno riferimento a un altro astro, la luna. Lo zoologo Linneo preferì battezzarlo col nome specifico di *mola*, prendendo come riferimento pur sempre qualcosa a forma di disco, la macina o mola per l'appunto. La pesca e la commercializzazione del pesce luna sono vietate nei Paesi della CE, in quanto le sue carni sono potenzialmente tossiche per la presenza di tetrodotossina, un potentissimo veleno proprio dell'ordine dei Tetraodontiformi, di cui questo pesce fa parte. In Asia orientale, però, viene regolarmente consumato. I nostri pescatori, già prima del divieto di pesca, rilasciavano i rari esemplari che incappavano nelle reti, ritenendoli immangiabili per via delle carni flaccide e infestate da parassiti. Lo stato della popolazione mediterranea di *Mola mola*, secondo la lista rossa dell'IUCN, è considerato di Least Concern (minor preoccupazione). ●

Nota sitografica: Molto valida la voce *ocean sunfish* in en.wikipedia.org. Interessanti informazioni, relative anche a progetti di ricerca, si trovano nel sito oceansunfish.org.

Mirella D'Ascenzo

Andiamo a scuola... all'aperto!

Edizioni ETS, Pisa 2018, ISBN: 9788846753786



Mirella D'Ascenzo ha recentemente pubblicato un libro, *Per una storia delle scuole all'aperto in Italia*, dove illustra questa esperienza di didattica Outdoor nel mondo. L'argomento è diventato di stringente attualità se, a causa dell'emergenza sanitaria, si sta pensando di riaprire la scuola ma in condizioni di sicurezza, e lo spazio aperto potrebbe essere una soluzione percorribile.

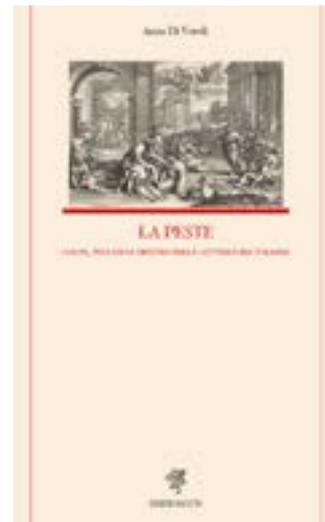
Nel volume si evince che le scuole all'aperto sono ai primi del Novecento per alunni gracili e si diffusero in tutto il mondo, accomunate com'erano da pratiche igieniche e didattiche svolte in prevalenza open air. Nel percorso di ricerca dell'autrice si delineano le aree e i network di diffusione a livello internazionale nonché i legami con il coevo movimento dell'*éducation nouvelle*.

Lo sguardo si concentra poi sulle diverse esperienze italiane, decisamente poco note finora, e analizza quelle realizzate nella città di Bologna, i protagonisti, gli intrecci, le reti di relazioni e il ruolo delle insegnanti per il rinnovamento dei metodi e dei contenuti dell'insegnamento. Fonti ed immagini inedite evidenziano la cultura scolastica prodotta in queste originali istituzioni educative poste ad intersezione della storia sociale dell'infanzia, della scuola e delle pratiche didattiche, capaci, ancor oggi, di rilanciare la sfida del rapporto tra bambini, scuola e natura, con rinnovata passione educativa, tesa tra passato e futuro.

Anna Di Veroli

*La peste. Colpa, peccato e destino
nella letteratura italiana*

Edizioni ETS, Pisa 2014, EAN: 9788846739728



La letteratura si è spesso soffermata su riflessioni metafisiche riguardanti la predestinazione o l'espiazione, dalla notte dei tempi; ancora oggi la scienza non è riuscita a soddisfare l'inquietudine nascosta dietro alla domanda che il religioso, il poeta, lo scrittore, il filosofo o semplicemente l'uomo si è posto nei secoli: perché la Peste? Edizioni ETS ripropone lo studio di Anna Di Veroli, un percorso per capire la concezione della peste nei classici italiani della letteratura.

Cos'è la peste? Malattia, inganno, punizione divina o necessità alla quale l'umanità non può sottrarsi? Qual è la spiegazione della ciclica presenza di un morbo che nei secoli ha sterminato molti popoli? Qual è il mistero che essa racchiude? Ogni volta, apparentemente annientata, la peste torna poi a rigenerarsi nel tempo, più forte e prolifica. Ma questa metafora del male che si nasconde nel cuore degli uomini e che mai si può cancellare definitivamente, che senso ha? Molti scrittori, nei secoli, si sono interrogati sulla peste come metafora patogena e hanno cercato, appiattiti da una falsa coscienza generata da un credo comune, di trovare una valida motivazione ad essa. Oggi l'interrogativo rimane. Forse la peste non ha un senso, o forse è la speranza di ricominciare, la rinascita dell'uomo salvato, il niente e il tutto. Questo studio accompagna il lettore a percorrere i famosi scritti di alcuni importanti letterati italiani come Boccaccio, Petrarca, Manzoni, Leopardi, ora in versi ora in prosa, che hanno trovato nella tragica vicenda della peste lo spunto di creazione delle grandi opere che tutti noi conosciamo e che sono patrimonio della nostra cultura italiana.

Giuseppe Levi, le balene, il pesce luna e i gangli cerebrospinali.

Viaggio storico-scientifico tra le ricerche sulle cellule nervose di un grande biologo del Novecento¹

1^a parte

Marco Piccolino
e Antonio
Barasa, con la
collaborazione di
Dario Cantino

In un racconto tra avventure scientifiche e cronache familiari vengono ripercorse le ricerche del Professor Levi, padre di Natalia Ginzburg e maestro di grandi personaggi della scienza del Novecento, volte ad accertare se le cellule dei gangli cerebrospinali dei vertebrati crescono in proporzione alla mole dell'animale. Particolarmente rilevanti in questa indagine sono gli studi condotti da Levi su un grosso esemplare di pesce luna pescato nella tonnara di Trabia, a poca distanza da Palermo.

Insegnandomi la geografia, mia madre mi raccontava di tutti i paesi dov'era stato mio padre da giovane. Era stato in India, dove s'era preso il colera, e, credo, la febbre gialla; ed era stato in Germania e in Olanda. Era stato poi anche nello Spitzberg. S'era sporcato tutto col sangue di balena, e i vestiti, che aveva riportato indietro, erano imbrattati e duri di sangue secco².

Così Natalia Ginzburg ci parla, attraverso i racconti che ascoltava da sua madre, Lidia Tanzi, dei viaggi di suo padre, il grande anatomico e biologo Giuseppe (Beppino) Levi, "il Professore" protagonista – insieme con la moglie – di *Lessico familiare*, un classico della letteratura italiana del Novecento.

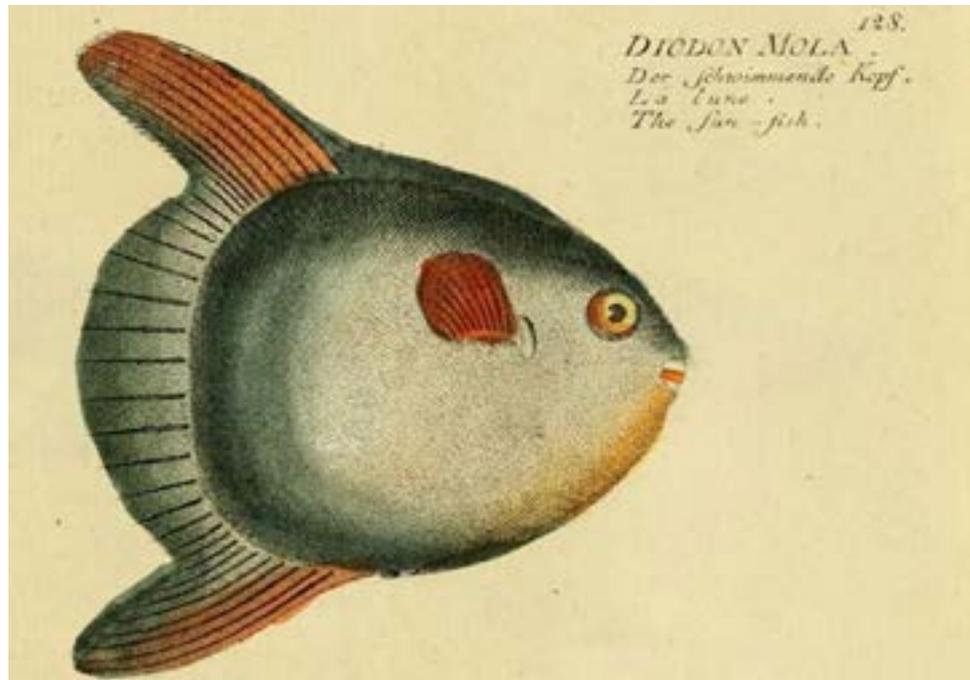


Fig. 1 Il pesce luna, *Orthogoriscus mola* (= *Mola mola*, nella moderna terminologia), in un'immagine del 1786, che illustra un celebre trattato di ittiologia pubblicato dal grande studioso tedesco Marcus Elieser Bloch.

1. Questo articolo è parte di un capitolo di un volume curato da Marco Piccolino, che sarà pubblicato da Edizioni ETS di Pisa nel giugno 2020.

(© Marco Piccolino: ne è vietata la riproduzione e diffusione totale o parziale senza l'esplicita autorizzazione di Marco Piccolino).

2. Ginzburg N, *Lessico familiare*, Einaudi, 1963, 51.

Su questa epica ricerca dei gangli delle balene Natalia ritorna poi in un “piccolo teatrino familiare” con un grazioso battibecco tra i due genitori. Alludendo a sua madre, Emma Perugia, Giuseppe dice:

- Poveretta, quando sono tornato dallo Spitzberg, che ero stato nel cranio della balena a cercare i gangli cerebro-spinali, avevo con me in un sacco i miei vestiti tutti sporchi di sangue di balena, e a lei le faceva schifo toccarli. Li ho portati in soffitta, e puzzavano in un modo terribile!
- Non li avevo mica trovati, i gangli cerebro-spinali – disse mio padre.
- Mia mamma diceva: “Ha sporcato dei vestiti buoni, per niente!”
- Forse non li avevi cercati bene Beppino! – disse mia madre – Forse li dovevi cercare ancora!
- Macché! Sempia che non sei altro! Non era mica una cosa semplice! Ma guarda che asina che sei!
- Io quand’ero nel mio collegio, – disse mia madre – mi facevano anche a me studiare le balene. Insegnavano bene la storia naturale, a me mi piaceva molto³.

Di questa ricerca dei gangli cerebrospinali delle balene nello Spitzberg (in realtà nell’isola Spitzbergen, la più vasta dell’arcipelago Svalbard nelle acque norvegesi, tradizionale stazione portuale nella caccia ai cetacei e alle foche) ci offre un racconto un po’ diverso Rodolfo Amprino, l’allievo più amato di Levi e suo attento biografo. La divergenza principale con il racconto di Natalia è nelle ragioni dell’insuccesso. Secondo Amprino (il quale specifica che la ricerca riguardava i gangli sensoriali), Levi i gangli li aveva trovati, ma “la conservazione dei campioni non era sufficientemente buona per le preparazioni istologiche”. In linea di principio si sarebbe portati a ritenere più attendibile la biografia “scientifica” dell’allievo rispetto alla narrazione familiare della figlia. In questo caso però un dubbio sull’affidabilità di quanto Amprino dice nasce dal fatto che della fonte da lui citata non si riesce in effetti a

trovare traccia. Dovrebbe essere una nota a piè di pagina di un lunghissimo articolo sull’argomento che Levi scrive nel 1908 – quasi quattrocento pagine con 60 tavole e 462 figure – ma nessuna delle note di questo testo allude alla cattiva conservazione dei campioni di gangli di balena. Quello che apprendiamo dal ricordo del professore pubblicato da Amprino nel 1966, un anno dopo la sua scomparsa, è il motivo che portò Levi, in occasione di uno dei tanti suoi viaggi compiuti per interessi scientifici (o per partecipare a congressi), ad affrontare i vari disagi connessi alla difficile ricerca dei gangli dei cetacei. Si trattava di utilizzare questi animali per risolvere un problema biologico di grande rilevanza generale, che – a partire dagli anni della giovinezza – fu al centro degli interessi di Giuseppe Levi per tutta la sua lunga vita di ricercatore: il problema della relazione tra le dimensioni delle cellule nervose e la mole dell’animale. Una questione – come vedremo – che aveva attinenze con vari e importanti aspetti della neurobiologia, e che si svilupperà in numerose e imprevedibili diramazioni, fin nelle ricerche di una brillante allieva del professore, Rita Levi-Montalcini.

Le eccezionali dimensioni delle balene, animali che possono superare i trenta metri di lunghezza e rappresentano gli esseri viventi di maggiori dimensioni, fornivano un’occasione speciale per verificare l’ipotesi alla quale Levi stava allora lavorando, secondo la quale, a parità di altre condizioni, le dimensioni delle cellule nervose, e – tra queste – in particolare quelle dei gangli sensitivi e dei centri motori dell’asse cerebrospinale – crescono in relazione con le dimensioni dell’animale. Per rendersi conto delle basi razionali di questa ipotesi, bisogna considerare che nelle balene, come in tutti gli altri vertebrati, le fibre nervose motrici (assoni) o sensoriali (dendriti), destinate rispettivamente ai muscoli o ai territori periferici della sensibilità, sono il prolungamento, uni-

3. Ivi, 217-218.

co e continuo, di una singola cellula nervosa. Di conseguenza (e in particolare nel caso delle fibre destinate ai territori più lontani dall'asse cerebrospinale), la lunghezza di ogni singola fibra è nella balena necessariamente dell'ordine di diversi metri. Appare dunque logico assumere che il corpo cellulare, base trofica e strutturale dell'intera cellula nervosa, sia di dimensioni molto grandi, proporzionate alla grande massa di protoplasma (neuroplasma) contenuto in queste fibre di dimensioni gigantesche. Grande deve inoltre essere anche il territorio periferico di innervazione e quindi il numero e la lunghezza dei prolungamenti nervosi dipendenti da ciascuna fibra; circostanza questa che rappresenta un ulteriore elemento di stimolo alla crescita del corpo cellulare che deve assicurare il trofismo e l'attività metabolica di una grande massa protoplasmatica.

Come abbiamo detto in apertura, nonostante il giustificato interesse per i gangli delle balene, nel corso della sua permanenza all'isola Spitzbergen, Levi non era però riuscito a entrare in possesso di materiale utile per le sue ricerche istologiche intese a chiarire, in questi animali di mole grandissima, il problema della relazione tra dimensioni delle cellule nervose e dimensioni somatiche. Nella sua ricerca pubblicata nel 1908 egli non poté dunque inserire le balene tra le numerosissime specie esaminate (56), che comprendevano individui appartenenti alle varie classi dei vertebrati, dai ciclostomi ai mammiferi, uomo compreso. Per gli esemplari di dimensioni corporee più grandi esaminati, Levi si era dovuto limitare a uno squalo toro (*Carcharias lamia*⁴) di due metri di lunghezza, per i rettili a una *Iguana microtuberculata*⁵ di 85 cm di lunghezza, oppure, per i mammiferi, allo studio delle cellule nervose di cavalli e di bovini. L'unico dei cetacei che era riuscito a studiare era un delfino, di cui – avendo ricevuto da un collega solo la colonna vertebrale

fissata in alcol – non poteva precisare le dimensioni corporee globali.

Come Levi sottolinea, dal confronto di specie animali diverse emerge che il problema della relazione tra grandezza dell'animale e dimensioni della cellula nervosa non è unicamente determinato dalla mole somatica, ma dipende in modo importante anche da altri fattori. Tra questi, di particolare rilievo il modo in cui sono fissati i limiti delle dimensioni corporee nel corso dell'accrescimento fisiologico, e la fase dell'embriogenesi in cui si arresta la moltiplicazione dei precursori delle cellule nervose, i neuroblasti. In rapporto al primo fattore, vi sono specie nelle quali appaiono fissate in modo geneticamente ben definito le dimensioni che l'animale raggiunge nello stadio adulto, secondo limiti che non saranno superati per il resto della vita. Questa è la regola per la maggior parte degli animali, e in particolare dei vertebrati.

Vi sono però importanti eccezioni a questa norma, che hanno attratto sin dall'inizio l'interesse di Levi per il problema. Si tratta degli animali ad accrescimento continuo, e – in particolare – di alcuni rettili e pesci. Tra i primi, Levi include nella sua ricerca del 1908, varie specie di cheloni, tra cui la comune tartaruga marina, *Thalassochelys caretta*⁶, o la tartaruga d'acqua dolce, *Testudo lutaria*⁷, oppure specie terrestri come *Testudo graeca* e *Testudo nemoralis*⁸. Per questi animali non sembra esserci in effetti un periodo della vita in cui la crescita si arresti davvero in modo definitivo: la mole corporea aumenta, sebbene con ritmo via via rallentato, per tutta la durata della vita, finché non interviene la morte.

Come è noto, le cellule nervose appartengono a quella categoria di elementi cellulari il cui numero viene fissato in una fase più o meno precoce dello sviluppo embrionale. È quindi da aspettarsi che, in animali a crescita potenzialmente indefi-

4. Nome scientifico aggiornato: *Carcharias taurus*.

5. Nome scientifico aggiornato: *Iguana iguana*.

6. Nome scientifico aggiornato: *Caretta caretta*.

7. Nome scientifico aggiornato: *Emys orbicularis*.

8. Nome scientifico aggiornato: *Testudo marginata*.

nita, anche gli elementi nervosi aumentino di dimensioni in modo continuo, affinché i loro prolungamenti (assoni o dendriti) possano estendersi per correlarsi all'aumento dell'estensione e della distanza dei territori periferici da innervare. Questo non avviene per la maggior parte degli altri tipi cellulari (come gli elementi epiteliali) i quali, potendo riprodursi per tutta la vita, fanno fronte alle esigenze della crescita corporea semplicemente con un aumento del loro numero. Come Levi nota nell'articolo del 1908 riferendosi alle cellule nervose, "l'aumento di volume di questi elementi, il quale è forse la nota più caratteristica del loro sviluppo in tutte le specie, dipende dalla precoce cessazione dei fenomeni di divisione cellulare negli elementi specifici"⁹.

Levi e il singolare pesce dalla strana crescita

Oltre alle tartarughe, tra gli animali a crescita apparentemente indefinita, vi è stato un animale che ha attratto in modo del tutto speciale l'attenzione di questo maestro della biologia del Novecento. Si tratta di un pesce osseo, il pesce luna (*sunfish*, pesce sole nella terminologia anglosassone), così detto per la strana forma a disco del suo corpo appiattito in senso verticale (e non espanso lateralmente). Il nome scientifico della specie studiata da Levi è *Orthogoriscus mola*¹⁰. Può raggiungere delle dimensioni colossali, e – in alcuni esemplari del genere *Mola* – il peso può superare le due tonnellate, rappresentando così il pesce osseo più grande tra quelli conosciuti (ricordiamo che le balene e gli altri cetacei sono mammiferi e non pesci).

Nel caso delle ricerche di Giuseppe Levi, le dimensioni dei pesci luna studiati sono molto inferiori a questi limiti estremi, raggiungendo – per l'esemplare più grande – gli 80 chili. Questo esemplare gli era stato fornito, insieme a un altro più piccolo (di 40 chili) durante il suo soggiorno a Palermo, città nella quale egli occupò la cattedra di anatomia umana dal 1914 al 1919, anno del trasferimento definitivo a Torino. Era stato il direttore della tonnara di Trabia "Il Cavalier Dentici" – come Levi ricorda in una sua memoria presentata all'Accademia Reale di Scienze, Lettere e Arti del capoluogo siciliano – a mettere gentilmente a sua disposizione i due pesci che, come egli dice, gli "furono spediti in ottimo stato di conservazione" (su Trabia, sulla sua tonnara e sul "Cavalier Dentici", che si chiamava Giacomo, torneremo prossimamente su *Naturalmente Scienza* con un articolo intitolato: *Trabia e la sua tonnara, da Al 'Idrisi al "Vecchio frack" di Domenico Modugno*).

Sebbene relativamente piccoli rispetto alle enormi dimensioni che questi pesci possono raggiungere, gli esemplari di Palermo erano comunque sensibilmente più grandi dei primi che Levi aveva avuto l'occasione di studiare, nel 1906, nel corso di un soggiorno presso la Stazione Zoologica di Napoli (del peso di 3 e 20 chili, e di età diversa). Come Levi ci dice, vi erano "delle grandissime differenze nella costituzione dei gangli fra quei due esemplari di età differente; nel secondo esemplare le cellule gangliari erano di dimensioni notevolissime"¹¹. Egli osserva inoltre che nel pesce di maggiori dimensioni il corpo cellulare delle cellule più grandi dei gangli spinali aveva una morfologia molto particolare, specialmente per la presenza di "un apparecchio fenestrato complicatissimo e molto esteso"¹². Questa formazione era stata già notata da Levi nelle sue ricerche iniziali sulle grosse cellule dei mammiferi in un articolo che rappresenta il primo suo studio sistematico sulla relazione tra grandezza cellulare e mole corporea.

Nel caso del pesce luna, le prime immagini e le prime considerazioni di Levi apparvero in un articolo di rassegna che egli pubblicò nel 1907, mentre l'anno successivo diede alle stampe il lunghissimo testo già menzionato, dedicato ai

In realtà subito prima di Levi era stato Cajal, in articoli pubblicati tra il 1904 e il 1905, a descrivere il fenomeno della fenestrazione dei corpi cellulari nelle cellule dei gangli sensitivi.

9. Levi G, *I gangli cerebrospinali*, Studi di istologia comparata e di istogenesi. Archivio italiano di anatomia e di embriologia, 7:1-392, 1908.

10. Nome scientifico aggiornato: *Mola mola*.

11. Levi G, *Nuovi studi sull'accrescimento delle cellule nervose. Ricerche in Orthogoriscus mola*, Atti della Reale Accademia delle Scienze, Lettere e Arti di Palermo:11:209, 1919.

12. Levi G., *Studi sulla grandezza delle cellule, I, Ricerche comparative sulla grandezza delle cellule dei Mammiferi*, Archivio italiano di anatomia e di embriologia,5:291-358, 1906.

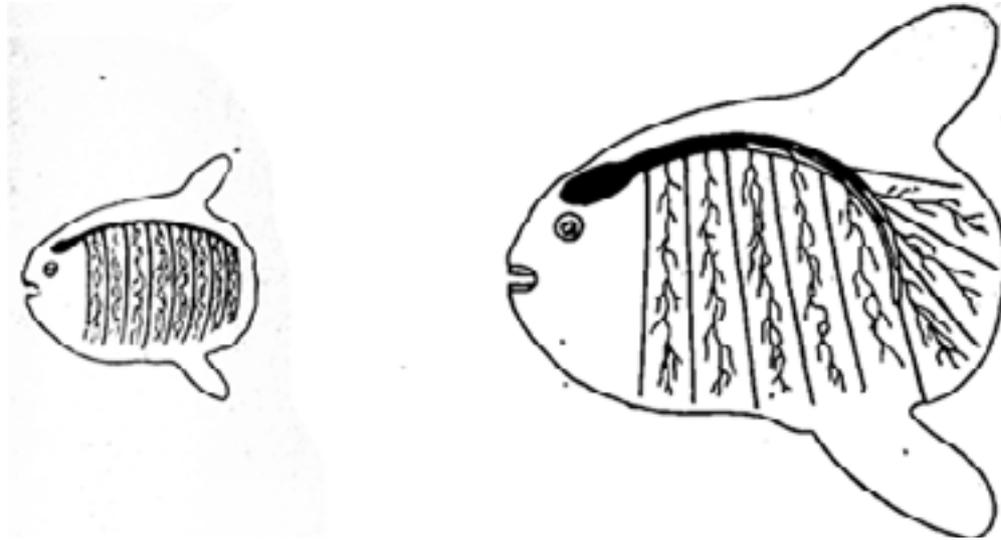


Fig. 2. Il disegno con cui nel lungo articolo del 1908 Levi illustra le ragioni della particolare crescita delle cellule dei gangli sensitivi nel pesce luna (*Orthogoriscus mola*).

gangli cerebrospinali di un grande numero di vertebrati. In questo testo egli sviluppò in modo particolare proprio l'analisi, sia sperimentale che teorica, della particolare morfologia delle grandi cellule nervose di questi speciali pesci. Le ragioni per cui i pesci come *Orthogoriscus* attraevano l'interesse di Levi non dipendevano solo dalla loro grande mole e dalla loro proprietà di crescita indefinita che li accomunava ai cheloni (e anche a diversi invertebrati). A queste caratteristiche si aggiungeva anche il fatto che in questi animali il numero delle cellule nervose viene fissato precocemente nel corso dell'embriogenesi, cessando presto le divisioni cellulari. Il numero, che è allora piccolo ma proporzionato alla dimensione di questi pesci al momento della schiusa, si rivela poi via via relativamente esiguo, man mano che – con l'accrescimento – la mole corporea assume dimensioni notevoli.

Come Levi mette in evidenza discutendo il problema della crescita in questa specie, sembra che *Orthogoriscus* sia come programmato geneticamente per essere un pesce di dimensioni ridotte,

con un midollo spinale lungo pochi centimetri e un piccolo numero di segmenti nervosi. Poi – per motivi difficili da comprendere – il suo corpo può crescere fino a raggiungere una dimensione molto cospicua. Si viene a creare così negli animali di età più avanzata una evidente sproporzione geometrica tra l'estensione del midollo spinale e la lunghezza cranio-caudale del pesce, evidenziata particolarmente dalla grande lunghezza delle radici nervose lombo-sacrali (la cosiddetta coda equina che è particolarmente lunga in questi animali). Un'ulteriore ragione di grande crescita delle cellule nervose è data dall'ingrandimento del corpo in senso dorso-ventrale che determina un grande aumento dei territori di innervazione di ogni singolo segmento midollare, particolarmente importante in questi pesci con il corpo a disco, rispetto quelli comuni, a forma più allungata¹³.

Confrontando i pesci luna con specie animali che possono raggiungere notevoli dimensioni, come per esempio gli elefanti, bisognerà tener conto che – nel caso di questi ultimi – il numero defi-

13. Per la sua singolare forma *Mola mola* aveva attratto l'attenzione del biologo e matematico scozzese D'Arcy Wentworth Thompson, il quale, nella seconda edizione della sua opera monumentale *On Growth*

and Form pubblicata nel 1942, vede nel pesce luna una trasformazione di tipo isogonale rispetto ai più comuni pesci del genere *Diodon* (come il pesce istrice) filogeneticamente affini al pesce luna.

nitivo dei neuroni è molto maggiore che in quei singoli pesci.

Negli esemplari di *Orthogoriscus mola* di grande dimensione accade che le poche cellule nervose disponibili, dovendo innervare con i prolungamenti nervosi territori via via più distanti e più estesi, cresceranno, a parità di altre condizioni, in modo molto più significativo che negli animali con grande numero iniziale di neuroni. L'aumento della massa di prolungamenti che si irradiano dal corpo cellulare, e della quantità di materiale protoplasmatico contenuto nell'assone dei motoneuroni, e nel dendrite periferico dei neuroni sensitivi dei gangli spinali, (i quali crescono necessariamente in rapporto diretto con le dimensioni corporee), determinerà una crescita anche per i corpi cellulari, centri metabolici – come sappiamo – dei neuroni. Questo comporterà un significativo aumento delle dimensioni dei corpi cellulari, che – nel caso degli esemplari più grandi di *Orthogoriscus mola* esaminati da Levi – possono raggiungere il diametro di mezzo millimetro, un valore enorme per i neuroni di vertebrati.

Queste riflessioni vengono espresse da Levi in modo sistematico nell'articolo del 1908, e – in particolare – nella sezione “Raffronti e Considerazioni” di questo testo. Già nei suoi primi studi sull'argomento egli aveva comunque colto gli aspetti essenziali, e le implicazioni biologiche, della relazione tra grandezza (e forma) delle cellule nervose, da una parte, e, dall'altra, la mole dell'animale. Questo già in ricerche condotte tra fine Ottocento e inizio Novecento, a cui fece un riferimento in un articolo di rassegna pubblicato nel 1904. Discutendo alcune teorie dell'epoca sul rapporto tra intelligenza dell'animale e caratteristiche delle cellule nervose, e in particolare la loro grandezza, Levi riporta brevemente alcuni suoi dati precedenti che suggerivano una maggiore densità di cellule nervose negli animali di maggiori dimensioni (sia mammiferi che rettili);

e scrive poi di ritenere “che la ragion d'essere di questo rapporto è da ricercarsi nella maggior superficie che ogni singola cellula occupa negli animali di maggior mole”¹⁴. Su questa base egli conclude affermando che “il volume del corpo cellulare e dei dendriti, e anche l'ampiezza della arborizzazione di questi ultimi, è sempre, senza eccezione, direttamente proporzionale alla mole dell'animale”¹⁵.

È comunque soprattutto negli articoli pubblicati tra il 1906 e il 1907 che Levi affronta in modo diretto il problema della relazione tra grandezza dei neuroni e mole somatica. Nell'articolo del 1906, dedicato in modo particolare ai mammiferi, Levi mette in evidenza come, in relazione alla crescita somatica, vi sia una differenza di comportamento tra cellule incapaci normalmente di dividersi nell'individuo adulto (cellule nervose e muscolari, e fibre del cristallino, appartenenti alla categoria degli elementi perenni di Giulio Bizzozero) rispetto alle altre cellule dell'organismo (appartenenti alle categorie in grado di dividersi anche nell'adulto: cellule stabili e labili della classificazione di Bizzozero). Queste ultime fanno fronte all'aumento della crescita corporea (sia in animali di specie diverse, che in animali della stessa specie di età e peso diversi), con un aumento del numero, e modificazioni generalmente insignificanti delle dimensioni cellulari. Solo per le cellule del primo tipo, e in particolare per le cellule nervose, vale la legge della relazione tra dimensioni cellulari e mole dell'animale.

Nel discutere il significato di questa relazione tra grandezza dei neuroni e mole dell'animale, Levi riconosce che in principio si tratta di un fatto sorprendente perché – se si realizzasse in modo indiscriminato per tutte le cellule dell'organismo – si andrebbe incontro a un aumento delle dimensioni cellulari in alcuni casi del tutto insostenibile a livello biologico, dal punto di vista sia strutturale che fisiologico (si provi a immaginare l'ingran-

¹⁴ Levi G, *Nuovi fatti prò e contro la teoria del neurone*, *Monitore zoologico italiano*, 15:130-147, 1904.

¹⁵ *Ibidem*.

dimento che si verificherebbe, se valesse questo principio, in cellule omologhe, passando dal topo all'elefante).

Nell'articolo del 1908 Levi riconosce infatti come, nel caso dei neuroni, possa destare meraviglia il fatto che sussista

una dipendenza fra due elementi tanto eterogenei quali la grandezza del corpo e la struttura di un organo, sebbene ad ogni modo sia più verosimile che questa dipendenza esista fra organi che, come i nervosi, risentono più di tutti gli altri le conseguenze della maggiore durata e intensità dell'accrescimento del corpo; e questo avviene in particolar modo per effetto degli intimi rapporti anatomici, che si stabiliscono in un periodo precocissimo dello sviluppo, tra la loro parte periferica, la quale forma con la parte centrale un tutto unitario almeno dal punto di vista funzionale, e gli altri sistemi ed organi del corpo¹⁶.

Una digressione nella biologia del Seicento: Malpighi, e le "tante e quasi infinite papille" della lingua

La riflessione qui sviluppata, sugli "intimi rapporti anatomici" tra gli organi nervosi e "gli altri sistemi ed organi del corpo", pone l'accento su quella che potremmo considerare la più importante singolarità morfologica del sistema nervoso nella sua relazione strutturale e funzionale con il resto dell'organismo. Si tratta di una caratteristica che suscitò la meraviglia dei primi microscopisti i quali, come nel caso di Marcello Malpighi e del suo collega a Pisa, Carlo Fracassati, intravidero la totale permeazione dei tessuti del corpo da parte delle fibre nervose.

L'anatomico emiliano per primo identificò le strutture di senso della cute e della lingua e spiegò il funzionamento dei sistemi sensoriali attraverso l'associazione di queste strutture con le fibre ir-

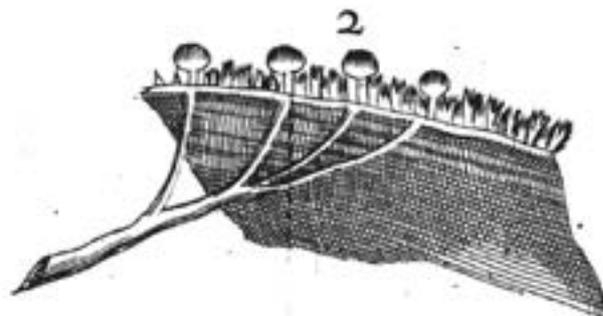


Fig. 3. Le papille gustative della lingua e le loro relazioni con le fibre nervose in un disegno che illustra il breve trattato in forma epistolare *De lingua* che Marcello Malpighi pubblica nel 1665

radiate dai centri nervosi. In vista della sensibilità diffusa a ogni singolo punto della cute e delle mucose, la concezione malpighiana implicava una totale compenetrazione dei tessuti periferici da parte dei prolungamenti nervosi. Si trattava di una visione sorprendente, che andava completamente contro il senso comune di un'epoca in cui si era portati a credere che la cute avesse facoltà sensoriali proprie, spiegabili sulla base della compenetrazione dell'intero organismo da parte dell'anima, principio immateriale della sensibilità e del moto.

Nello sviluppare, all'interno della sua osservazione anatomica *De externo tactus organo*, l'ipotesi della innervazione delle innumerevoli papille identificate nel derma da parte di singole fibre perforanti gli strati profondi della cute, Malpighi si rendeva conto delle difficoltà che si opponevano alla concezione della permeazione dei tessuti cutanei da parte di una ricchissima rete nervosa¹⁷. Indirizzando il suo discorso al nobiluomo pugliese Giacomo Ruffo, visconte di Francavilla, personaggio dai grandi interessi culturali e scientifici, egli esprimeva appunto la problematicità della sua concezione:

¹⁶ Levi G, *I gangli cerebrospinali*, cit., 312.

¹⁷ Malpighi M, *De externo tactus organo anatomica observatio [...] ad [...] Iacobum Ruffum*. Neapoli: Apud Aegidium Longum, 1665.

Mi rendo ben conto di un'obiezione contro l'asserita derivazione delle papille dai nervi perforanti la cute: essere cioè incredibile che tante e quasi infinite papille, erompendi da tutta la superficie del corpo, siano porzioni di nervi provenienti dal midollo spinale, nonché da tutto il cervello e cervelletto. Infatti, raccogliendole tutte assieme, la loro mole di gran lunga supererebbe il piccolo fascio costituito dal midollo e dal cervello¹⁸.

Continuava poi risolvendo le difficoltà con paragoni derivati sia dall'ambito fisico che da quello botanico, i quali lasciavano intravedere lo straordinario "modo di operare della Natura", basato sull'uso di "macchine meravigliose", costituite da strutture minute (*minima* o *atoma*), così piccole da sfuggire all'indagine microscopica, in accordo con i principi dell'atomismo galileiano, che era un punto di riferimento fondamentale per la concezione sensoriale dell'anatomico emiliano. Sempre indirizzandosi a Ruffo, scriveva Malpighi:

A te, tuttavia, che nella natura scopri meraviglia anche maggiori, un siffatto argomento apparirà ben poca cosa. Ogni giorno, infatti, tu esperimenti che, a guisa di sottilissimi fili allungati, i quasi infiniti raggi provenienti da un campo visivo si intersecano intimamente e si uniscono nell'angusto foro della pupilla – o in altro foro intermedio, e anche esterno – pur rimanendo ciascuno di essi perfettamente rettilineo e intatto; in modo che, paragonando quell'esiguo ed angusto foro con l'amplissimo campo visivo, sarebbe impossibile trovare tra di essi una ragionevole proporzione. Qualcosa di simile costì, ti indicheranno concretamente le piante. Infatti da un sottile e stretto caule erompe abbondantissima quantità di fibre, al punto che ne provengono grandissime foglie, fiori e anche frutti; e tuttavia è certo che il numero delle fibre non si moltiplica, ma esse semplicemente si prolungano dal tronco. Punto analogo, ed ancor più evidente, constatazione offrono i tronchi, ai quali nessuno mai potrebbe paragonare la mole

dei filamenti che compongono i rami, le foglie e i frutti¹⁹.

È la dottrina dell'atomizzazione del mondo fiorita all'alba della scienza moderna con la riscoperta dell'opera di Lucrezio che fornisce a Malpighi e ai suoi contemporanei, sull'orma di Galileo, e della nuova filosofia della "struttura nascosta" (*schematismus latens*) elaborata da Francesco Bacone, il paradigma di una concezione microscopica della struttura dei corpi animati, fondata su quelle che Malpighi chiamava "minute macchine"²⁰.

Intravedere, con l'uso dei microscopi abbastanza rudimentali del Seicento, l'esistenza di strutture invisibili a occhio nudo, era solo spostare di un livello, una miniaturizzazione che si annunciava ancora più fine di quella percettibile con lo strumento, come nel suo *Apiarium* aveva ben messo in evidenza Federico Cesi, amico di Galileo e fondatore dell'Accademia dei Lincei²¹: "Se discerni col microscopio molte strutture sottili, devi concludere che ne esistono altre ancor più minute, tali da sfuggire ed eludere ogni acutezza degli strumenti da noi costruiti".

Quando, molto tempo dopo Malpighi, con le ricerche di neuroistologia dell'Ottocento, fu dimostrato, oltre ogni ragionevole dubbio, che ciascuna fibra nervosa, sensitiva o motoria, è il prolungamento di una singola cellula nervosa (il cui corpo cellulare è situato all'interno dell'asse cerebrospinale, o in stretta associazione con esso), divenne chiaro che alcune classi di cellule nervose con i loro prolungamenti possono avere una enorme estensione geometrica, particolarmente negli animali di grandi dimensioni. ●

La seconda parte dell'articolo comparirà nel prossimo numero della rivista

18. *Ibidem*. Trad. it. Belloni, *Opere scelte di Marcello Malpighi*, UTET, 1967, 146.

19. *Ibidem*, 146-147.

20. Malpighi M, *Opera posthuma: figuris aeneis illustrata, quibus praefixa est ejusdem vita a seipso scripta*, Churchill, 1697; Piccolino M, *Marcello*

Malpighi: una rivoluzione galileiana nella biologia e nella medicina del Seicento, Naturalmente, 12 (3):9-14, (4):5-12, 1999.

21. Cesi F, *Apiarium/ ex frontispiciis naturalis theatri principis Federici Caesii*, Accademia dei Lincei, 1625.

Henry Dunant e le origini della Croce Rossa

La storia del ginevrino Henry Dunant, “l’avventuriero della carità” premio Nobel per la pace nel 1901 che, a partire dal 1863, pone con forza e determinazione il problema “dell’aggregazione agli eserciti belligeranti di un corpo d’infermieri volontari”, ottenendo l’anno successivo una conferenza internazionale che promuoverà la formazione di un’organizzazione sanitaria. Essa adotterà come segno distintivo - unico per tutti i Paesi - una croce rossa in campo bianco.

Luciano Luciani

Dicembre 1901: il comitato per il Nobel del Parlamento norvegese assegna il primo dei premi per la pace a Henry Dunant, un ultrasettantenne malato che da anni vive in un ospizio sul lago di Costanza. Fino a trent’anni prima, quell’uomo, ora sofferente, era stato il brillante protagonista di anni di febbrile attività in favore del disarmo. Poi, un lungo periodo di oscuramento delle sue idee, e, di nuovo, anni di ammirazione e di riconoscimenti. Ma, infastidito dalla fama, Henry si nega ai visitatori con una testardaggine pari solo all’entusiasmo giovanile con cui si era impegnato nella lotta per la pace. Ora scrive pagine premonitrici sull’avvenire di sangue che attende il mondo del XX secolo, riceve solo gli amici fidati e muore il 30 ottobre 1910, lo stesso anno in cui vengono a mancare due grandi figure per cui Dunant aveva sempre espresso ammirazione, Leone Tolstoj e Florence Nightingale.



Henry Dunant nasce a Ginevra nel 1828, da famiglia borghese e protestante. Fin dall'adolescenza usa il proprio tempo libero per portare soccorso ai poveri, agli ammalati, ai carcerati; Henry comincia a prendersi cura dei "feriti" del tempo di pace già parecchi anni prima di occuparsi dei feriti di guerra. Uscito dal collegio nel 1849, entra a far parte di un gruppo di giovani animati da una fede intensa e nasce così l'Alleanza Universale delle Unioni Cristiane, più nota sotto il nome di YMCA. Ma Ginevra ormai gli sta stretta: si trasferisce in Algeria, studia l'arabo e l'Islam e matura per questa religione ammirazione e rispetto. Si lega alle popolazioni indigene e un suo progetto di trasformazione di una grande proprietà agricola algerina fallisce per il disinteresse delle istituzioni. Deluso, ma non sconfitto, decide allora di recarsi da Napoleone III in persona per perorare la causa dei contadini algerini: il fatto che l'imperatore francese in quel momento si trovi in Italia, in Lombardia, alla testa dell'esercito francese impegnato a fianco del piccolo Regno di Sardegna contro le truppe austriache, non arresta lo zelo del giovane svizzero.

Quando Dunant raggiunge la Lombardia, le operazioni militari sono a un punto di svolta e incombe lo scontro decisivo. La battaglia di Solferino, la più sanguinosa che l'Europa abbia conosciuto dopo Waterloo, deflagra il 24 giugno 1859 e impegna l'intera armata francese e la più gran parte di quella austriaca. Più di 300.000 uomini e 25.000 cavalli si scontrano per oltre 14 ore, bombardati dal fuoco di oltre 1000 cannoni. Dunant percorre quei luoghi in carrozza, irreprensibilmente vestito di bianco per difendersi dal caldo, alla ricerca di un abboccamento con l'imperatore. Ode distintamente il rombo dell'artiglieria, ma non si spaventa. Inorridisce, invece, quando nel vicino borgo di Castiglione

cominciano ad affluire le vittime di quella vicenda bellica: migliaia di feriti che arrivano dal campo di battaglia, ammucchiati in disordine senza la minima assistenza. Dunant quel giorno non prosegue oltre perché lo fermano la pietà e l'orrore. Migliaia di giovani uomini giacciono sulla nuda terra trapassati dalle pallottole, mutilati dalle schegge, schiacciati dalle ruote dei carriaggi, le piaghe infettate, tormentati dal caldo e dalla sete. Le intendenze hanno attrezzature inadeguate per curare quei disgraziati che per i loro commilitoni sono soltanto un peso da affidare alla pietà dei civili o alla solidarietà dei compagni d'arme.

Il ricordo di quella tragica giornata rimane incancellabile nella memoria del ginevrino. Per due anni si sforza di tornare ai suoi affari. Nel 1861 si ritira nella sua città natale con l'intenzione di rivelare all'opinione pubblica europea l'atroce verità del campo di battaglia. Alla fine del 1862 pubblica *Un ricordo di Solferino* che, inviato a politici, uomini di stato, intellettuali, suscita un forte sentimento di commozione. Dunant denuncia soprattutto l'assenza di soccorsi sanitari sugli scenari bellici e l'Europa democratica rimane profondamente turbata nel leggere le sue pagine. Nel 1863 Henry pone all'ordine del giorno della Società ginevrina di Pubblica Utilità il problema "dell'aggregazione agli eserciti belligeranti di un corpo d'infermieri volontari": ne deriva una commissione di cinque membri formata da Henry Dofour, capo militare dell'esercito della Confederazione svizzera; i medici Louis Appia e Théodore Maunoir; un giurista, Gustave Moynier e Dunant stesso.

Tale organismo, forte del consenso delle famiglie regnanti d'Olanda, Prussia, Assia, Baden e del giovane regno d'Italia, tenta la strada della convocazione a Ginevra di una Conferenza interna-

zionale per dibattere del suo progetto filantropico organizzato in tre punti. Ogni governo si doveva impegnare: ad assicurare appoggio e protezione al proprio Comitato nazionale di soccorso ai feriti da crearsi in ciascuno degli Stati europei; a riconoscere la neutralità del personale medico militare e di tutti i soccorritori; a favorire durante le ostilità i trasporti del personale e dei materiali sanitari nelle zone di guerra.

Nell'ottobre del 1864 viene finalmente inaugurata l'assise voluta con tanta fermezza dal finanziere ginevrino. Vi partecipano i delegati di 16 Paesi: l'Italia non aderisce ufficialmente, ma invia come uditore il proprio console in Svizzera. Dopo quattro giornate di discussioni viene adottata una risoluzione in dieci punti che prevede la costituzione di un Comitato nazionale di soccorso in ognuno dei Paesi aderenti; la predisposizione in tempo di pace di attrezzature e la formazione di un corpo di infermieri volontari; la neutralizzazione delle ambulanze, degli ospedali e del personale sanitario agli ordini delle autorità militari. Unico per tutti i Paesi il segno distintivo della nuova organizzazione: una croce rossa in campo bianco, ovvero la bandiera svizzera a colori invertiti. Era nata la Croce Rossa Internazionale.

Dunant paga un prezzo personale molto alto perché le fatiche organizzative per trasformare in pratica concreta la sua idea lo portano a trascurare gli affari e lo avviano verso un pesante dissesto finanziario. Seguono circa vent'anni di povertà a cui fanno da contrappunto progetti sempre più grandi, e talora velleitari, sollecitati da una passione umanitaria che sembra divorare il compassato uomo d'affari di una volta. Dunant soffre la fame, dorme nelle sale d'aspetto delle stazioni ferroviarie e sulle panchine fino a ridursi nella piccola pensione 'Paradiso', nel cantone di Appenzell sul lago di Costanza. Qui scrive pagine

tormentate in cui ricordi, digressioni, polemiche per le ingiustizie sofferte si mescolano a scritti profetici sui futuri disastri della guerra in Europa. Quando ormai tutti lo credono morto, un giovane giornalista lo scopre e ne racconta al mondo la storia, le sofferenze, l'ingiusto destino. Paragonabile a quella che aveva accolto *Un ricordo di Solferino*, una nuova ondata di emozione percorre ora il mondo e "l'avventuriero della carità" torna a occupare il posto che merita nella coscienza planetaria: quello dovuto a chi, per primo, aveva intuito e tentato, tra scetticismi e boicottaggi di ogni genere, di mettere in pratica l'idea semplice e feconda di neutralizzare su tutti i teatri di guerra i sofferenti e i loro soccorritori. ●



Le neuroscienze nella Bibbia e nel Talmud

1ª parte

Moshe Feinsod

Sebbene né la Bibbia né il Talmud siano testi a carattere scientifico, tuttavia in entrambe queste raccolte della cultura religiosa ebraica vi è una rilevante attenzione per la medicina. In questo articolo si ripercorrono alcuni aspetti significativi delle conoscenze in ambito neurologico, con particolare riguardo a episodi, come quello di Davide e Golia, in cui l'aspetto epico viene illuminato da considerazioni di carattere scientifico.

Neuroscienze nella Bibbia

La Bibbia (Bibbia ebraica, o Antico Testamento, o *Tanach*) e il Talmud sono gli scritti canonici del popolo ebraico relativi a aspetti storici, religiosi e culturali, raccolti nell'arco di molte generazioni, approssimativamente a partire dal XIV secolo prima dell'Era cristiana fino al sesto secolo dell'Era cristiana, e assemblati in un continuum unico. È evidente, tuttavia, che durante questo processo molte altre scritture e manoscritti furono esclusi dai testi canonici, e la maggior parte di essi andarono persi. La Bibbia è il fondamento essenziale della religione ebraica, del patrimonio culturale e dell'identità nazionale, nonché uno dei cardini della civiltà occidentale. Questa è la ragione del continuo interesse critico e di ricerca di cui è oggetto. I primi tentativi di uno studio sistematico della medicina nell'Antico e



fonte: <https://www.helsinki.fi/en/news/language-culture/discrepancies-in-manuscripts-show-how-old-testament-scribes-edited-the-book-of-joshua>

nel Nuovo Testamento furono stimolati dalla Riforma protestante, ma fu solo nella seconda metà del diciannovesimo secolo che gli studiosi, specialmente in Germania, stabilirono un approccio scientifico allo studio della Bibbia e del Talmud, riconoscendo la continuità di queste due creazioni culturali.

Lo studio della medicina in questi antichi testi fu uno degli aspetti di questa fiorente disciplina¹. Julius Preuss (1861-1913), un medico, esperto nelle sacre scritture ebraiche nonché nelle lingue semitiche e classiche, pubblicò nel 1911 la sua opera magna, *Biblisch-Talmudische Medizin*, che è ancora il testo di riferimento sull'argomento. Il libro è stato edito e tradotto in inglese nel 1978 da Fred Rosner². Da allora, attraverso la ricerca di molti studiosi, sono emerse nuove informazioni e nuove ipotesi. In questo articolo mi occuperò delle osservazioni e delle conoscenze di carattere neurologico presenti nella Bibbia ebraica (Antico Testamento) e nel Talmud.

Si riconoscono nella formazione della Bibbia vari processi. Il primo è di tipo evolutivo. Fino a quando non ha raggiunto la sua forma definitiva ed è stata "sigillata" e canonizzata dalle istituzioni rabbiniche durante il primo e il secondo secolo dell'Era cristiana, l'eredità culturale trasmessa dai testi sacri dell'ebraismo, sotto forma di regole, storie, poesie e profezie, ha subito il processo di trasmissione di generazione in generazione in forma verbale e solo successivamente in forma scritta. Abbiamo prove di coesistenti versioni e approcci diversi. La maggior parte dei manoscritti che non furono accolti nel canone ebraico perirono e solo pochi dal periodo ellenistico sopravvissero o in ebraico – come i Rotoli del Mar Morto – o nella traduzione greca con il nome collettivo di "libri esterni". Tra questi ultimi non è rimasto alcun testo di carattere specificamente medico.

Lo stile biblico pone spesso difficoltà a un tentativo di ricerca tesa a identificare conoscenze di carattere neurologico. In effetti nel suo libro classico *Mimesis*³, Auerbach sottolinea come lo stile laconico della storia biblica sia molto differente rispetto al lungo e dettagliato carattere della narrazione omerica. A volte nella Bibbia eventi drammatici e importanti vengono raccontati in non più di due-tre frasi. Gli studiosi, in particolare i medici, che cercano di approfondire i dettagli e di ricostruire una situazione clinica dalle scarse notizie fornite dallo scrittore biblico, sono perciò esposti al pericolo di interpretazioni infondate che spesso travalicano la sfera dei fatti accertabili.

La lingua stessa della Bibbia pone importanti difficoltà. L'ebraico è stato una lingua viva e in evoluzione per oltre un millennio, ma è divenuta poi – per quasi due millenni – una lingua morta. Nel corso del secolo scorso è stato riportato in vita diventando la lingua parlata dello Stato di Israele, ma questo è avvenuto a volte a spese della traslocazione arbitraria di una parola o di un termine da profonde stratificazioni concettuali verso significati nuovi. Anche per chi è di lingua madre ebraica, e frequenta i paesaggi della Bibbia come ambiente quotidiano, il tentativo di interpretare le narrazioni bibliche pone sfide difficili.

La Bibbia, specialmente nei suoi capitoli storici, è costellata da molti resoconti di lesioni corporee durante battaglie o scontri, in rapporto a omicidi o uccisioni avvenuti nel corso di colpi di stato. Nella maggior parte dei casi il resoconto è limitato a espressioni come "lo trafisse e morì", con, a volte, una identificazione solo elusiva dell'organo ferito. Le malattie sono menzionate ma in termini vaghi. Il trattamento delle ferite era peraltro noto, come risulta evidente dal lamento

1. Bartholin T, *On diseases in the Bible: a medical miscellany*, 1672, translated from the Latin by Willis J, edited with an introduction by Schioldann-Nielsen J and Sorensen

K), *Acta Hist Sci Nat Med* 41:1-147, 1994.

2. Preuss J, *Biblical and Talmudic Medicine*, translated by Rosner F, New York, Sanhedrin Press, 1978.

3. Auerbach E, *Mimesis. The representation of reality in western literature*, Princeton, Princeton University Press NJ, 1953.

del profeta: “*Dalla pianta del piede fino alla testa non c’è nulla di sano in esso: non ci sono che ferite, contusioni, piaghe aperte, che non sono state ripulite, né fasciate, né lenite con olio*”. (Isaia 1: 6). In nessun caso però esiste una descrizione del tentativo di curare la lesione. Nella Bibbia le ferite penetranti provocano la morte senza alcun caso di recupero e senza alcuna segnalazione di un tentativo di trattamento. Sono menzionate istanze di guarigione dalla malattia, ma la cura appare allora come un intervento celeste.

Nervo sciatico e lesioni craniche

[24] *Giacobbe rimase solo e un uomo lottò con lui fino all’apparire dell’alba; [25] quando quest’uomo vide che non poteva vincerlo, gli toccò la giuntura dell’anca, e la giuntura dell’anca di Giacobbe fu slogata, mentre quello lottava con lui. [28] Quello disse: “Il tuo nome non sarà più Giacobbe, ma Israele, perché tu hai lottato con Dio e con gli uomini e hai vinto” [31] Il sole si levò quando egli ebbe passato Peniel; e Giacobbe zoppicava dall’anca. [32] Per questo, fino al giorno d’oggi, gli Israeliti non mangiano il nervo della coscia (Gid Ha-Nashe) che passa per la giuntura dell’anca, perché quell’uomo aveva toccato la giuntura dell’anca di Giacobbe, al punto del nervo della coscia.*

L’identificazione che viene fatta di *Gid Ha-Nashe* con il nervo sciatico sembra corretta⁴. Il Talmud fornisce istruzioni specifiche per la rimozione del nervo sciatico dalla carne degli animali macellati, come indicato in Genesi 32:32.

Le ferite alla testa furono considerate nell’antichità, e per molti secoli successivi, come un evento grave destinato prima o poi a rivelarsi fatale. È solo a partire dal ’700 che il soggetto è emerso come una formidabile sfida clinica e scientifica,

e la prognosi è poi decisamente mutata negli ultimi decenni. Le tre ferite alla testa di cui esiste una narrazione nella Bibbia si verificarono nel corso del X-XII secolo prima dell’Era cristiana, ma continuano a eccitare ancor oggi sia la libera immaginazione dei lettori che l’indagine analitica degli studiosi.

La prima descrizione di un trauma cranico è riportata in Giudici 4: 21-22; 5: 26-27. Sisera, generale cananeo in fuga, cerca rifugio da Eber il Kenita e, dopo che egli si è addormentato, la moglie Jael lo uccide piantandogli con un martello un piolo della tenda nella tempia.

Allora Jael, moglie di Eber, prese un piolo della tenda e un martello, andò pian piano da lui e gli piantò il piolo nella tempia tanto che esso penetrò in terra. Egli era profondamente addormentato e sfinito; e morì.

Secondo Rozelaar⁵ la “tempia” del racconto biblico è in effetti la bocca aperta e il piolo della tenda viene spinto verso la zona collocata tra la parte inferiore del bulbo e la parte più alta del midollo spinale attraverso quello che è l’attuale approccio trans-orale usato dai neurochirurghi per raggiungere la giunzione cranio-vertebrale.

La seconda ferita alla testa segnalata si verificò mentre Abimelec e il suo esercito stavano assediando, durante una faida tra tribù, la forte torre della città di Tebe...

[53] *Ma una donna gettò giù un pezzo di macina sulla testa di Abimelec e gli spezzò il cranio.*

[54] *Egli chiamò subito il giovane scudiero e gli disse: “Estrai la spada e uccidimi, affinché non si dica: ‘Lo ha ammazzato una donna!’” Il suo servo allora lo trafisse ed egli morì.. (Giudici 9: 53-54)*

4. Hoenic L J, *Jacob’s Limp*. Seminars Arthritis Rheumatology 26:684-688, 1977.

5. Rozelaar M, *An unrecognized part of the human anatomy*. Judaism 45:97-101, 1988.

Dopo aver preso la città bassa, Abimelec si avvicina al cancello della torre di Tebe per dargli fuoco, ma il frammento di macina lanciato dall'alto, gli schiaccia il cranio. Rimane cosciente e con sufficiente potere mentale per giudicare le possibili implicazioni sulla sua reputazione della sua morte avvenuta per mano di una donna. Sa che le sue condizioni sono senza speranza e quindi chiede di essere ucciso dal suo scudiero. Questa interpretazione sembra essere fondata.

Come risulta dal papiro di Edwin-Smith⁶ del XVI secolo prima dell'Era cristiana, così come dagli scritti del famoso chirurgo Ambroise Paré (20; 31) del XVI secolo dopo l'Era cristiana, non vi fu praticamente alcun cambiamento nell'atteggiamento nei confronti di gravi lesioni craniche, improntato a un senso di fatalismo che escludeva ogni tentativo di approccio terapeutico.

Il terzo e il più famoso caso di lesioni alla testa nella Bibbia è la storia di David e Golia (I Samuele 17: 49-51; Fig. 1)

[49] David cacciò la mano nella bisaccia, ne trasse una pietra, la lanciò con la fionda e colpì il Filisteo in fronte. La pietra s'infisse nella fronte di lui che cadde con la faccia a terra. [50] Così David ebbe il sopravvento sul Filisteo con la fionda e con la pietra e lo colpì e uccise, benché David non avesse spada. [51] David fece un salto e fu sopra il Filisteo, prese la sua spada, la sguainò e lo uccise, poi con quella gli tagliò la testa.

Secondo la storia biblica la pietra affondò nella fronte di Golia, ma nella traduzione aramaica di Gionata la "pietra affondò attraverso l'orbita". L'interprete rabbino David Kimchi spiega che la pietra aveva potuto penetrare nella testa di Golia solo attraverso una traiettoria obliqua passando



Fig. 1. Il David di Michelangelo con il particolare della mano sinistra che tiene la fionda o frombola. Questa parte della statua venne danneggiata a seguito dei tumulti di Firenze del 1527, ma poté essere restaurata con i frammenti originali raccolti e conservati da Giorgio Vasari e Francesco Salviati.

dal di sotto dell'elmo. Questo tipo di lesioni alla testa, penetranti a tragitto fronto-basale, si verifica anche al giorno d'oggi nonostante la protezione fornita da caschi o elmi. L'idea di un gigante filisteo fornito di una robusta armatura che viene vinto da un giovane armato di una fionda era ricca di suggestioni tanto da ispirare artisti come Michelangelo, Donatello, Rembrandt e altri. Specifichiamo innanzitutto che lo strumento usato da David non era una fionda vera e propria, ma una "frombola", che differisce dalla prima

6. Sigerist H E, *A history of medicine*, New York, Oxford University Press, 1951.

per il fatto che il sasso (o altro proiettile) viene lanciato con un movimento rotatorio invece che sfruttando l'energia cinetica prodotta dalla tensione della corda elastica della fionda.

Era difficile comunque da accettare l'idea di un gigante dotato di una pesante corazza che viene sconfitto da un giovane con uno strumento relativamente semplice com'era la frombola, e si cercò perciò una spiegazione "medica" dell'evento. Nel 1983 Rabin e Rabin ipotizzarono che Golia avesse una neoplasia endocrinologica del tipo di un macroadenoma ipofisario. Questa anomalia produce acromegalia e gigantismo insieme a difetti del campo visivo. I difetti visivi avrebbero permesso a David di avvicinarsi al gigante fino a breve distanza senza che egli potesse reagire in modo appropriato. Gli studiosi si sono spinti tanto in là da ipotizzare la presenza nell'addome di Golia di un tumore al pancreas, ma non sono poi stati in grado di decidere se questo fosse del tipo che secreta gastrina o insulina. In altri articoli⁷ si è giunti a ipotizzare "in modo serio" e addirittura "senza dubbi" il macroadenoma ipofisario di Golia, che non solo lo avrebbe reso acromegalico e gli avrebbe procurato difetti nel campo visivo, ma avrebbe causato una miriade di altre complicazioni. Che si trattasse di ipoglicemia o iperacidità, si arrivava a concludere in ogni caso che Golia non fosse al suo meglio in quella faticosa mattina.

Le spiegazioni sopra menzionate, sebbene apparentemente dotte, lasciano almeno due domande senza risposta: una, se gli acromegalici (non i giganti) soffrano di miopia e debolezza muscolare. La seconda è che, essendo secondo la Bibbia Golia uno dei numerosi giganti filistei, è difficile immaginare che la condizione di quel popolo fosse quel giorno così disperata da far sì che l'unica scelta fosse di inviare alla

battaglia cruciale come loro rappresentante un guerriero con poca forza muscolare e con difetti endocrinologici e visivi. E' interessante notare in questo contesto come il grande neurochirurgo canadese Harvey Cushing, in una lettera allo storico medico Garrison (29 giugno 1925), avesse dubitato che il rampollo di una famiglia dei giganti (II Samuele 21:20) com'era Golia fosse acromegalico perché, secondo la sua esperienza, gli acromegalici tendono a essere sterili. David, non aduso a utilizzare armature e armi pesanti, sceglie la frombola, arma che egli sapeva adoperare con grande maestria. Questa fu una decisione intelligente poiché la frombola veniva utilizzata dagli eserciti regolari per colpire il nemico e causare disordine nelle sue linee ancor prima dello scontro vero e proprio. Nell'esercito assiro, come raffigurato nel bassorilievo al British Museum che rappresenta l'assedio di Lachish da parte di Sennacherib, i frombolieri sono schierati dietro gli arcieri perché la gettata delle loro armi è maggiore di quella di frecce e giavellotti (Fig. 2). Il sasso scagliato con frombole o fionde può causare ferite molto gravi e viene usato ancor oggi nelle rivolte civili⁸. Coloro che cercavano di attribuire la vittoria di David a inabilità fisica di Golia non si rendevano conto del fatto che un esperto lanciatore di fionda può colpire con una pietra lavorata un bersaglio a una distanza di oltre 40 metri. Con la fionda si possono raggiungere 80-100 metri (e anche di più in alcuni casi) con una precisione che era già menzionata in Giudici 20:16 "... *Tutti costoro potevano lanciare una pietra con la fionda per colpire un capello, senza fallire il colpo*". La lesione provocata dal sasso di una fionda nei limiti di queste distanze può essere grave e quasi letale per un soldato sano, anche senza dover invocare un raro disturbo endocrinologico⁹.

7. Rabin D e Rabin P L, *David, Goliath and Smiley's people* (letter), New England Journal of Medicine 309, 1983.

8. Yadin, Y: *The art of warfare in biblical lands: in the light of archeological study*. New York, McGraw-Hill, 1963.

9. Feinsod, M: *Three head injuries: the Biblical account of the deaths of Sisera, Abimelech and Goliath*. J Hist Neurosci 6:320-324, 1997.



Fig. 2. I frombolieri dell'esercito assiro di Sennacherib all'assedio di Lachish in un bassorilievo conservato al British Museum.

In I Samuele 4 viene riportato un mortale infortunio dovuto a una lesione a livello occipitale: Eli, il gran sacerdote di novantotto anni, pesante e cieco, attese il rapporto su una battaglia tra Filistei e Israeliti. Riuscì a sopportare la disastrosa notizia della sconfitta e della morte dei suoi figli ma, *“appena udì menzionare l'arca di Dio, Eli cadde dalla sua sedia all'indietro,*

accanto alla porta; si ruppe la nuca e morì, perché era un uomo vecchio e pesante. Era stato giudice d'Israele per quarant'anni” (I Samuele 4:18).

La traduzione “nuca” (sia della versione Nuova Riveduta che della versione della Conferenza Episcopale Italiana, mentre l'antica versione Diodati ha “collo”) sminuisce l'accuratezza dell'originale. Il testo ebraico specifica che la caduta ha causato una frattura dell'articolazione atlanto-occipitale per la quale l'ebraico ha un termine specifico מַפְרֶקֶת (mafrefet) che contiene la radice פֶּרַק (perek) (articolazione).

Osservazioni della dominanza laterale mancina

La dominanza emisferica nella forma del mancinismo ricorre nella Bibbia in due casi verificatisi entrambi nella tribù di Beniamino, sebbene a distanza di anni l'uno dall'altro. Il primo (Giudici 3: 12-30) riguarda l'uccisione di Eglon, il re moabita che i figli di Israele dovevano servire:

[21] allora Ehud stese la mano sinistra, estrasse la spada dal suo fianco destro e gliela conficcò nel ventre.

Molte generazioni dopo la tribù di Beniamino fu impegnata in un'aspra guerra contro il resto degli israeliti. Le prime vittorie dei Beniaminiti furono dovute ai loro combattenti d'élite: *“Fra tutta questa gente c'erano settecento uomini scelti, che erano mancini. Tutti costoro erano capaci di lanciare un sasso con la fionda ad un capello, senza fallire il colpo”* (Giudici 20: 16).

Non vi è modo di accertare se il mancinismo fosse prevalente in questa particolare piccola tribù, oppure se all'interno della tribù fosse presente in specifici gruppi familiari. Va detto che la traduzione dei Settanta e la Vulgata (rispettivamente in greco e latino) riferiscono che questi guerrieri erano in effetti ambidestri.

Associazione tra paralisi della mano destra e perdita della parola

L'agonia degli esiliati dalla Giudea, sui fiumi di Babilonia, dopo la distruzione del Tempio e di Gerusalemme (586 a.C.) è espressa nei Salmi:

[5] Se mi dimentico di te, o Gerusalemme, dimentichi la mia destra ogni abilità; [6] resti la mia lingua attaccata al palato, se non mi ricordo di te, se non metto Gerusalemme al di sopra della mia più grande gioia (Salmi 137: 5,6).

Halpern ritiene che questo giuramento, ripetuto in ogni matrimonio ebraico al culmine della cerimonia, è un riflesso dell'osservazione comune che le persone affette dalla paralisi del braccio destro perdono la capacità di parlare (questo avviene – come sappiamo – perché il centro del linguaggio, area di Broca, è situato nell'emisfero sinistro in un'area non lontana da quella che controlla il movimento del braccio destro. Benton¹⁰ gli fa seguito affermando che questo passo del Salmo 137 è in effetti la descrizione biblica della frequente combinazione di afasia motoria ed emiplegia destra.

Epilessia

Diversi studiosi affermano che nella Bibbia ci sono pochi episodi di manifestazioni epilettiche, stranamente tutti riferiti a profeti. Ci sono diversi casi in cui un personaggio cade faccia

a terra durante un'epifania, una profezia o mentre riceveva un messaggio da Dio (Abramo, Mosè, Bileam). È stato sostenuto che questi personaggi fossero epilettici o, almeno, che fossero andati incontro a un episodio epilettico. Tuttavia, l'espressione “cadere faccia a terra” in una lingua non ebraica è un tentativo infelice di tradurre un modo di dire ebraico che sta indicare l'atteggiamento di umiltà davanti a un superiore mentre ci si inchina, e che ritorna nella Bibbia in diversi casi, anche in contesti non religiosi. ●

La seconda parte dell'articolo comparirà nel prossimo numero della rivista



Magazine di attualità e cultura delle geoscienze Periodico della Società Geologica Italiana

Un nuovo e agile format scientifico/divulgativo/informativo con l'ambizione di mediare e collegare le diverse anime della SGI (soci, sezioni, comitati/divisioni, associazioni), in modo da tenere costantemente aggiornato il variegato e diversificato mondo geologico italiano, e allo stesso tempo fornire argomenti scientifico/tecnici nella lingua nazionale. Questo quadrimestrale è rivolto non soltanto al mondo universitario/professionale, ma anche a quello dei tanti “geofili” (appassionati, insegnanti, cultori . . .) capaci successivamente di trasferire e divulgare le informazioni contenute nella rivista ad un pubblico ancora più vasto.

10. Benton, A L: *A Biblical description of motor aphasia and right hemiplegia.* J Hist Med Allied Sciences, 26(4):442-444, 1971.

Classificare le piante: Andrea Cesalpino

Silvia Fogliato

Andrea Cesalpino (1524/25-1603) propone la prima classificazione delle piante basata su criteri intrinseci, ovvero sulle caratteristiche delle piante stesse e non sulla loro utilità per l'uomo. Rifacendosi ad Aristotele, distingue tra caratteristiche accidentali e sostanziali, concentrando la sua attenzione sugli organi che presiedono al nutrimento e alla riproduzione. Distingue inoltre i concetti di genere (in modo ancora poco definito) e specie, di cui dà una definizione precisa e un criterio di verifica empirica. In *De Plantis* (1583) espone un sistema di classificazione basato essenzialmente sull'osservazione dei frutti e dei semi, in cui i vegetali sono divisi in piante legnose e piante non legnose; ciascun gruppo si articola poi in cinque sottocategorie in base al rapporto tra frutto e seme. È un sistema artificiale, ma ha il merito di aprire la strada ai botanici del Seicento. Linneo lo considerava il primo di tutti i botanici e gli dedicò il genere *Caesalpinia*.

Strumenti per organizzare il caos

Nel Cinquecento l'afflusso sempre crescente di piante dall'Oriente e soprattutto delle Americhe aveva scompigliato le file della botanica: ormai essa assomigliava a un campo di battaglia in cui i soldati non sapevano più in quale ruolo dovevano combattere, tanto che qualcuno finiva nel posto sbagliato. L'immagine non è mia: si deve ad Andrea Cesalpino (1524/25-1603), colui che per primo cercò di portare ordine in questo caos. Fin dal vecchio Dioscoride, due erano stati i criteri seguiti per organizzare le piante negli *Herbaria*, i libri di botanica: il più comune era l'ordine alfabetico (sulla base dei nomi greci o latini); più raramente, si erano usati criteri empirici privi di ogni rigore, per lo più connessi alle proprietà terapeutiche vere o presunte, proprio come si fa ancora oggi nei testi di erboristeria. Analogamente, nelle aiuole dei nascenti orti botani-



ci i vegetali erano schierati in ordine alfabetico. Cesalpino decise di seguire una strada che da secoli nessuno aveva più percorso: classificare le piante sulla base delle loro caratteristiche intrinseche. Lo fece armato di due strumenti interpretativi non sempre in accordo tra loro: la logica aristotelica e l'osservazione diretta del mondo vegetale, che aveva appreso dal maestro, il grande Luca Ghini (1490-1556), l'uomo cui probabilmente si deve l'invenzione sia dell'erbario sia dell'orto botanico.

Da Aristotele – e dal suo allievo Teofrasto, i cui testi incominciavano finalmente ad essere di nuovo disponibili grazie a umanisti e filologi – Cesalpino trasse il metodo, i procedimenti logici e molti concetti fondamentali: per classificare i componenti di un insieme, bisogna procedere per somiglianze e differenze, e per farlo in modo corretto occorre distinguere tra somiglianze sostanziali e accidentali (sono i concetti aristotelici di “sostanza” e “accidente”). Quali sono le proprietà sostanziali di una pianta? Quelle che permettono alla pianta di essere pianta, ovvero di esplicare le proprie funzioni vitali. Per Cesalpino, due sono le funzioni essenziali delle piante: il nutrimento e la riproduzione; dunque, saranno gli organi che presiedono a queste funzioni a fornire i criteri di classificazione. La pianta attraverso le radici assorbe il nutrimento, che attraverso il fusto (analogamente alla circolazione del sangue, di cui come medico Cesalpino fu uno dei primi brillanti studiosi) giunge agli organi riproduttivi che grazie ad esso potranno esplicare la funzione più importante di ogni essere vivente: riprodursi. Poiché, come tutti i suoi contemporanei, Cesalpino ignorava del tutto la riproduzione sessuale delle piante, ne consegue che per lui l'organo da osservare saranno non tanto i fiori, quanto i frutti

e i semi. Degli altri organi della pianta (come le radici e le foglie) si terrà sì conto, ma solo per le classificazioni più minute, in particolare per distinguere specie affini. Saranno invece meri accidenti, da scartare come criteri di classificazione, non solo il gusto, l'odore, il colore (che variano in base al luogo in cui cresce la pianta, o addirittura tra piante selvatiche e coltivate), ma anche gli usi che ne fa l'uomo: comprese dunque le proprietà farmaceutiche che da Dioscoride in avanti erano state il criterio di classificazione fondamentale. Ma prima di procedere alla classificazione, bisogna definire gli enti da classificare. Ancora una volta Cesalpino ricorre ad Aristotele, da cui riprende i concetti di specie (il singolo oggetto) e genere (il raggruppamento di oggetti che condividono caratteristiche simili). Mentre non usa ancora la parola genere nel significato attuale (i suoi generi sono gruppi molto più vaghi, che piuttosto corrispondono a famiglie o gruppi anche più ampi), egli fu il primo a definire la specie nel significato moderno, fornendo anche un criterio di verifica sperimentale: appartengono alla stessa specie piante che si assomigliano nella totalità delle loro parti, al di là delle piccole differenze accidentali, e queste caratteristiche rimangono invariate nelle piante nate dai semi.

Il sistema di Cesalpino

Come si sarà notato, il ragionamento di Cesalpino è totalmente deduttivo; procede cioè dall'alto verso il basso, dal generale al particolare, all'opposto del metodo induttivo, che procede dall'osservazione di casi particolari per giungere a conclusioni generali. Ciò significa anche che la sua classificazione ingabbia il mutevole mondo vegetale in una serie di categorie del tutto artificiali, che raramente corrispondono alla realtà: è stato notato che, tra i suoi gruppi, l'unico ad avere una



corrispondenza con gruppi reali, confermati dalle ricerche successive, è quello delle Ombrellifere. Ma questo non annulla il valore pionieristico della sua opera: anche la classificazione di Linneo è del tutto artificiale; bisognerà attendere la fine del Settecento, se non l'Ottocento, perché le conoscenze dei botanici siano sufficienti per procedere a una credibile classificazione naturale. D'altra parte, misuriamo la strada intercorsa tra i due nel fatto che Cesalpino credeva che la sua classificazione fosse naturale e corrispondesse all'ordine dato da Dio all'Universo, mentre Linneo era ben consapevole dell'artificiosità della propria. Torniamo a Cesalpino, che espone i propri criteri di classificazione nei primi due libri del suo capolavoro botanico, *De plantis*, in sedici volumi (1583), che contiene anche la trattazione di 1500

specie, organizzate per gruppi sistematici. Il procedimento del botanico toscano segue la logica binaria; fu anche il primo a fornire delle chiavi di classificazione basate sull'opposizione dicotomica.

In primo luogo i vegetali sono divisi in due grandi categorie, basate sull'organo che trasporta il nutrimento dalle radici ai frutti: piante legnose (questa categoria raggruppa gli alberi e gli arbusti); piante non legnose (questa categoria raggruppa i suffrutici e le erbacee). All'interno di ciascuno dei raggruppamenti principali, Cesalpino distingue poi cinque sottocategorie, in base al rapporto tra frutto e seme: frutto con un solo seme; semi ripartiti in due loculi; semi ripartiti in tre loculi; semi ripartiti in quattro loculi; semi ripartiti in più di quattro loculi. Ciascuna sottocategoria può a sua volta suddividersi in raggruppamenti minori, in base all'osservazione di caratteristiche particolari dei frutti e talvolta anche dei fiori, in particolare della posizione dell'ovario, al di sopra o al di sotto degli altri organi florali. In totale, i gruppi sono 32, comprendendone anche uno riservato alle piante senza semi, in cui Cesalpino inserisce funghi, muschi e alghe. Ancora una volta affiancando intuizioni moderne e i limiti della scienza del suo tempo, egli era convinto che gli appartenenti a questo gruppo si riproducessero per generazione spontanea. Non diede invece alcuna importanza alle foglie (per la scoperta della fotosintesi bisogna attendere la fine del Settecento), cui attribuiva una semplice funzione di protezione dei frutti e dei semi. Il capolavoro di Cesalpino non ottenne il successo che meritava. Anche se un certo interesse per una classificazione sistematica delle piante si ritrova in alcuni suoi contemporanei, la strada maestra percorsa dalla botanica del Rinascimento fu quella dei commenti a Dioscoride e degli

erbari, destinati a medici e farmacisti, visto che la botanica continuava ad essere ancella della medicina. Oltre a questa situazione oggettiva, contribuì il fatto che il libro era stato stampato senza illustrazioni; le xilografie che avrebbero dovuto accompagnare il testo furono preparate, ma, venuto a mancare lo sponsor, il granduca di Toscana Cosimo, si dovette optare per una pubblicazione a basso costo. Inoltre il linguaggio filosofico di Cesalpino risulta spesso oscuro e ostico. Il suo metodo rigoroso esercitò tuttavia un notevole influsso sui numerosi botanici che nel Seicento ne ripresero la strada; lo stesso Linneo considerava Cesalpino il primo di tutti i botanici e annotò fittamente la sua copia di *De Plantis*. A Cesalpino, che nonostante la profonda cultura filosofica non era uno studioso libresco e aveva una notevole familiarità con le piante, si deve anche uno dei primi e più importanti erbari: quello che approntò tra il 1555 e il 1563 per il cardinale Tornabuoni, il primo in cui le piante sono organizzate secondo criteri sistematici.

Il rebus della *Caesalpinia*

È davvero ironico che al pioniere della classificazione delle piante sia stato dedicato uno dei generi dalla storia tassonomica più travagliata. La creazione del genere *Caesalpinia* (che riprende la grafia latina del cognome Caesalpinus) si deve a Plumier e fu ufficializzata da Linneo nel 1753. Da allora si sono susseguite le dispute sui confini e la consistenza di questo genere, che nel corso di 250 anni si è allargato e ristretto come una fisarmonica, tanto che alcune specie nel frattempo hanno cambiato nome più di trenta volte. Il gruppo *Caesalpinia* (una designazione informale proposta nel 1981 da Polhill e Vidal, per comprendere tutte le varie specie affini ora incluse, ora escluse dal genere) comprende alberi, ar-

busti, rampicanti e qualche erbacea della famiglia Fabaceae (ma si è anche proposto di inserirlo in una famiglia a sé, Caesalpinaceae) presenti nella zona tropicale di tutti i continenti. È anzi proprio questa estensione, insieme alla difficoltà di individuare caratteristiche morfologiche distintive, ad aver determinato questo rebus. Nel senso più ampio, il genere è arrivato a comprendere fino a 250 specie.

Nell'ultimo trentennio, gli studi basati sempre di più sulla ricostruzione della storia evolutiva (la filogenesi) attraverso le analisi del DNA, hanno ristretto sempre di più queste cifre. Il primo studio che va in questa direzione è proprio quello di Polhill e Vidal, i quali, nell'ambito di una revisione della tribù Caesalpineae, assegnarono al gruppo informale *Caesalpinia* 140 specie, distribuite in 16 generi. Vari studi che si sono susseguiti tra gli anni '90 e l'inizio del nuovo secolo, hanno via via ristretto i confini del genere, fino ad arrivare alla drastica riduzione operata dallo studio più recente (Gagnon et alii) che restringe *Cesalpinia* in senso stretto a una decina di specie, tutte americane. E c'è anche una piccola rivincita di Cesalpino che volle classificare le piante sulla base dei frutti: Gagnon e soci affermano infatti: “[In questi gruppi] a livello di genere, i frutti sono altamente variabili e molto più utili dei fiori a fini tassonomici. Molti dei generi che abbiamo determinato qui possono essere differenziati basandosi sulle caratteristiche dei frutti”. E così, dobbiamo rassegnarci a imparare i nuovi nomi di diverse piante piuttosto conosciute. Tra le specie più note del vecchio genere *Caesalpinia*, probabilmente l'unica a conservare il suo nome è *Caesalpinia pulcherrima*, un arbusto originario delle Antille con spettacolari fioriture dal

caldo colore aranciato. Diventa invece *Erythrostemon gilliesii* (= *C. gilliesii*) uno splendido arbusto molto coltivato anche da noi che molti si ostinano a chiamare *Poinciana* (uno dei tanti sinonimi che ha assunto nella sua complicata storia tassonomica). Analogamente, il pernambuco o pau brasil, l'albero che ha dato il proprio nome al Brasile, precedentemente *C. echinata*, viene assegnato a un proprio genere monospecifico con il nome *Paubrasilia echinata*. Un'altra pianta tintoria abbastanza nota, *C. spinosa*, diventa *Tara spinosa*. ●

Bibliografia

Bellorini C, *The World of Plants in Renaissance Tuscany: Medicine and Botany*, Routledge, 2016.

Cesalpino A, *De plantis libri XVI*, Florentiae : Apud Georgium Marescottum, MDLXXXIII [1583]

De Ferrari A, *Cesalpino, Andrea, Dizionario biografico degli italiani*, volume 24,

<http://www.treccani.it/enciclopedia/andrea-cesalpino>

Gagnon E et al., *A new generic system for the pantropical Caesalpinia group (Leguminosae)*, *PhytoKeys* (71):1-160, 2016, <http://phytokeys.pensoft.net/articles.php?id=9203>

Pavord A, *The Naming of Names*, London, 2010.

Stewart M, *Classification of Life*, Minneapolis, 2008.



Dal mare le lezioni della natura

Ferdinando Boero

Le leggi dell'economia hanno come unico obiettivo la crescita. Quelle dell'ecologia sono più complesse: benché ogni specie tenda ad aumentare la sua numerosità, esiste un limite alla crescita che è la capacità portante dei sistemi. Di qui la lotta per l'esistenza: le specie competono per l'accesso a risorse limitate. La grande abbondanza di una specie erode le risorse che la sostengono fino al collasso. La specie *Homo sapiens* è cresciuta fino all'inverosimile e le conseguenze rischiano di essere disastrose. È necessaria una cultura diversa per evitare queste conseguenze. Il problema è globale e richiede un approccio globale: un accordo planetario.

I due capitali

Le leggi dell'*economia* attuale hanno un unico obiettivo: la crescita. Se la crescita degli indici economici cessa, allora gli economisti sono allarmati a causa della stagnazione, se la tendenza viene invertita e gli indici diminuiscono, allora c'è la tragedia della recessione: la crescita del capitale economico è l'unica aspettativa di un'economia presumibilmente sana. Il movimento ecologista ha proposto un'altra visione, basata sui risultati di un'altra eco-scienza: l'*ecologia*. L'eco-nomia si occupa del capitale economico, mentre l'eco-logia si occupa del capitale naturale. Le due eco-scienze hanno avuto sviluppi paralleli, con scarse intersezioni, anche se fu Malthus, un economista, ad ispirare il primo ecologo teorico, Charles Darwin, che usò il termine "economia della natura" per etichettare ciò che Haeckel in seguito chiamò "ecologia".

Ancora oggi, la visione economica che richiede una crescita continua del capitale economico prevale indiscussa, senza preoccuparsi delle conseguenze della propria crescita sul capitale naturale. I paradigmi



Campo di mais in Indiana, USA. Il mais costituisce il più importante prodotto mondiale coltivato in monocoltura; la maggior parte della produzione è utilizzata per allevare bestiame, soprattutto bovini (foto Diego Delso; Wikipedia Commons).

dell'economia dominano il modo in cui gestiamo la nostra vita. Gli ecologi, seguendo le teorie di Malthus, Darwin e Marx, predicono tutti che una crescita infinita è impossibile nei sistemi finiti, ed avvertono dell'esistenza di limiti alla crescita, ma invano. Gli studi economici ignorano la natura per semplice ignoranza: l'ecologia non viene insegnata nei corsi di economia ed è considerata una disciplina che affronta problemi che non influenzano i sistemi economici.

Negli ultimi decenni anche i non ecologi hanno iniziato a rendersi conto che le nostre attività hanno un'influenza negativa su alcune specie, portandole all'estinzione, e sono iniziate le preoccupazioni per la conservazione delle specie. *Biodiversità* è diventata una parola popolare con la Convenzione di Rio sulla diversità biologica (1992), seguita da una serie di altre convenzioni che sottolineano sempre più l'importanza della natura e il nostro impatto su di essa. La consapevolezza dell'importanza della natura ha portato alla ricerca di compromessi.

La ricerca di compromessi

Sostenibilità è la parola magica che libera la nostra coscienza, insieme a parole come "verde" e "blu", spesso usate per connotare la crescita (intesa come crescita del capitale economico) come qualcosa di verde o blu o, meglio, sostenibile. Nonostante i tentativi di definire la sostenibilità in termini ecologici, l'obiettivo di quasi tutti i piani governativi mira alla crescita economica. Se la protezione della natura rappresenta un ostacolo alla crescita economica, di solito la visione ecologica viene messa da parte. I costi ambientali sono in qualche modo riconosciuti, ma poi vengono sacrificati in nome dell'occupazione e della crescita economica. In molti casi sono considerati come esternalità e non trovano posto nelle analisi costi-benefici. Il significato di sostenibilità è semplice e non

ambiguo: la crescita del capitale economico non può avere, come conseguenza, l'erosione del capitale naturale. La valutazione dello stato del capitale naturale e le conseguenze delle nostre azioni sulla sua integrità, tuttavia, possono essere pienamente realizzate solo se consideriamo alcune leggi di base della natura, per lo più disattese dalle scuole economiche e assenti nelle scuole in generale, e quindi non comprese nel bagaglio culturale di gran parte della popolazione. Questa conoscenza è un prerequisito per comprendere appieno la sostenibilità.

Le leggi della natura (vivente)

Le leggi della fisica sono universali: sono valide in qualsiasi parte dell'universo. La vita è conosciuta solo sul pianeta Terra e rappresenta una singolarità, per quanto ne sappiamo. Le leggi della fisica sono valide anche sul nostro pianeta dove, tuttavia, una parte della materia è organizzata in forma vivente e, in queste circostanze, anche altre leggi entrano in azione. Gli ecosistemi del pianeta Terra mobilitano una parte in qualche modo finita della materia, limitata alla superficie emersa del pianeta e al volume dell'oceano mondiale. Questa materia cambia continuamente il suo stato da non vivente a vivente attraverso i processi di fotosintesi e chemiosintesi con cui piante, protisti fotosintetici (alghe unicellulari) e alcuni procarioti (organismi senza un nucleo definito) sono in grado di trasformare la materia inerte in materia viva. Questi organismi sono autotrofi: formano la materia organica complessa dalla semplice materia inorganica.

La vita è nata circa 3,5 miliardi di anni fa, da una generazione spontanea. Non siamo in grado di riprodurre quell'evento, ma il fatto che tutti gli esseri viventi condividano lo stesso linguaggio chimico (basato sulle interazioni RNA-DNA) e che il materiale genetico di esseri semplici come

i batteri possa funzionare nell'uomo, dimostra un alto livello di compatibilità, suggerendo un'unica origine comune per tutti gli esseri viventi.

Il primo organismo, l'antenato comune a tutte le forme di vita, era sicuramente un produttore primario, probabilmente un essere chemiosintetico senza nucleo. I produttori primari, o autotrofi, svolgono un ruolo essenziale nel funzionamento degli ecosistemi. La condizione vivente è transitoria e la materia torna invariabilmente a uno stato non vivente.

Batteri e funghi, i decompositori, degradano la materia una volta che perde la sua condizione di vivente, riducendo la sua complessità alle componenti di base (spesso etichettate come "nutrienti"). Gli organismi fotosintetici, quindi, riassemblano i nutrienti e fanno rivivere la materia. I decompositori sono eterotrofi e basano la loro esistenza sul consumo di materia vivente. I produttori primari autotrofi e i decompositori eterotrofi sono il nucleo del funzionamento degli ecosistemi. Altri organismi eterotrofi si sono evoluti in seguito, oltre ai decompositori. Gli animali e alcuni protisti (i protozoi) sono predatori che inghiottono la loro preda. Non possono ridare vita alla materia e possono solo usarla quando ha uno stato più o meno vivente. Mangiamo animali morti (ad esempio una bistecca), ma la materia di cui sono fatti è ancora organizzata come materia vivente. Quasi tutti gli organismi eterotrofi (inclusi gli esseri umani) possono assimilare la materia che ingeriscono solo se nella loro pancia sono presenti decompositori simbiotici, cioè batteri.

Gli esseri umani, in quanto animali, svolgono il ruolo ecologico dei consumatori. Il nostro posto nelle reti alimentari è ampio, poiché siamo onnivori: possiamo mangiare sia piante che animali.

Una regola naturale di base potrebbe essere etichettata come la *legge del bilancio in pareggio*:

ciò che viene consumato non può essere più di ciò che viene prodotto. Anche questa dovrebbe essere una regola economica: il pagamento dei debiti può essere posticipato ma, alla fine, i debiti devono essere pagati.

Un'altra regola della natura è la *legge della crescita*: tutti gli esseri viventi tendono ad aumentare di numero. La riproduzione è l'impulso più basilare di tutta la materia organizzata in modo vivente (umani inclusi). Se i rappresentanti di una specie non si riproducono, la specie si estingue. Quando i numeri aumentano, tuttavia, un'ulteriore riproduzione porterebbe a una crescita incontrollata delle dimensioni della popolazione. Questo porta alla *legge del limite*: la crescita della popolazione di qualsiasi specie non può essere infinita. Il limite si chiama *capacità portante*, ovvero il quantitativo massimo di una specie (in termini di biomassa) che un determinato ecosistema può sostenere. Per gli organismi autotrofi i limiti sono dettati da nutrienti, spazio, luce e pressione da parte degli erbivori. Per gli organismi eterotrofi i limiti sono dettati dalla disponibilità di cibo, prima di tutto in termini di produzione primaria.

Le dimensioni della popolazione sono regolate dalla *legge dei livelli trofici*: i produttori primari non possono sostenere una crescita della massa dei produttori secondari e terziari (cioè quelli che chiamiamo erbivori e carnivori) che superi la massa dei produttori stessi. Di solito, ad ogni passaggio da ciò che viene prodotto a coloro che lo consumano, si verifica una perdita di circa il 90% dell'energia. Questa bassa efficienza può essere migliorata, il rinnovamento dei produttori primari può essere molto veloce, ma i limiti alla crescita sono comunque inevitabili, poiché la massa di materia che può diventare viva è limitata. Le regole naturali sono elastiche. L'evoluzione può modificarle e i limiti possono essere superati. Abbiamo evoluto l'agricoltura quando, come

cacciatori e raccoglitori, il nostro peso ecologico ha superato la capacità portante degli ecosistemi. Invece di aspettare che la natura producesse ciò di cui avevamo bisogno, l'abbiamo costretta a darci ciò che volevamo e, in tal modo, il nostro numero è aumentato considerevolmente: la capacità portante della nostra specie è cambiata. L'evoluzione si basa sulla *legge dell'escalation*: se una specie "migliora" le sue prestazioni (come abbiamo fatto noi) nello sfruttamento di altre specie, anche queste altre specie devono evolversi, altrimenti saranno in difficoltà e, così, ogni cambiamento genera altri cambiamenti.

L'evoluzione, in altre parole, è una *corsa agli armamenti* tra le specie che svolgono ruoli diversi, con un'escalation verso miglioramenti sempre temporanei, poiché l'evoluzione di un tratto favorevole in una specie innesca l'evoluzione di un altro tratto in una specie che ne risulterebbe svantaggiata. Le specie che non cambiano sono a rischio, poiché non si adattano ai cambiamenti del resto del biota (l'insieme di viventi che condividono uno spazio). La vita è una *reazione a catena* di cambiamenti e non possiamo aspettarci *stabilità*. L'evoluzione è la norma e, anche se le funzioni della vita sono piuttosto conservative, la struttura della vita, cioè le specie che mobilitano la materia vivente, cambia a un ritmo molto rapido. Darwin l'ha chiamato: la lotta per l'esistenza.

Queste "leggi" non sono predittive, spiegano. Dicono che cosa accadrà (e spiegano perché), ma non possono prevedere quando. Possiamo essere certi che la crescita infinita non è possibile e che, prima o poi, ogni crescita è destinata a cessare, ma non è possibile sapere con precisione quando avrà luogo l'arresto della crescita.

In guerra contro la natura

Quando eravamo cacciatori e raccoglitori, abbiamo evoluto la cultura e la tecnologia, inventando strumenti che hanno aumentato il nostro poten-

ziale offensivo in un modo troppo veloce per far fronte alle nostre prede. Abbiamo vinto la corsa agli armamenti e portato le nostre prede all'estinzione o, comunque, a una tale riduzione delle popolazioni oggetto di sfruttamento da non poter più usufruire dei beni e dei servizi di cui avevamo bisogno. Di solito, quando una specie evolve troppo velocemente e sbilancia i rapporti con le altre specie, la diminuzione delle risorse, collegata a una migliore efficienza nell'estrazione, porta alla fame e diminuisce il numero dei suoi rappresentanti della specie che si è spinta troppo avanti: la legge del limite. Il tasso di consumo è più veloce del tasso di produzione e gli ecosistemi non possono sostenere un eccesso di consumatori: la legge dei livelli trofici. La conseguente diminuzione della pressione sulla preda consente il ripristino delle sue popolazioni e la corsa agli armamenti può ricominciare.

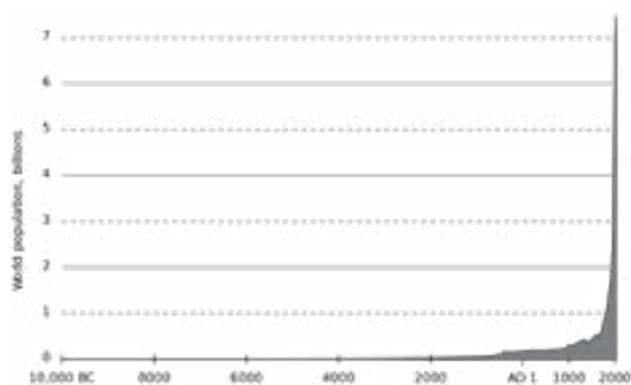
Quando abbiamo eradicato le nostre prede, tuttavia, non siamo diminuiti di numero. Invece, abbiamo inventato l'agricoltura, un modo per estrarre risorse dall'ambiente una volta che la caccia e la raccolta non erano sufficienti per sostenerci. Le pratiche agricole, in particolare quelle intensive che pratichiamo oggi, mirano a eradicare tutte le forme di vita (piante e animali) e a concentrarsi sulla produzione di una sola specie, quella che risponde alle nostre esigenze. Con gli erbicidi uccidiamo le piante che competono con le specie coltivate, con gli insetticidi uccidiamo i loro parassiti e predatori. Il risultato è la semplificazione della biodiversità con la trasformazione radicale degli habitat naturali.

Queste pratiche sono inevitabili, al momento, poiché i nostri numeri sono in continuo aumento. Con la medicina, inoltre, abbiamo rimosso molti agenti di mortalità e le nostre vite sono ormai molto lunghe, almeno nei paesi più avanzati. Più individui con vite più lunghe portano alla sovrapposizione delle generazioni, esercitando pressioni

insopportabili sugli ecosistemi planetari. Inoltre, il nostro livello trofico è in aumento. Invece di nutrirsi di piante, un numero crescente di umani fa affidamento sul cibo animale. Invece di coltivare piante e mangiarle, coltiviamo piante che forniamo come cibo agli animali che mangiamo. Questa è una pratica a bassa efficienza, a causa delle perdite nei vari passaggi dai livelli più bassi a quelli più alti nelle reti trofiche, come spiega la legge dei livelli trofici. Le regole economiche richiedono anche una crescita continua del capitale economico, e ciò si ottiene anche con pressioni psicologiche verso il consumo di quantità sempre maggiori di beni. Il risultato di questa pressione è l'obesità nei paesi ricchi: le persone ingeriscono più cibo di quello di cui hanno bisogno.

E se l'agricoltura non fosse sufficiente, gli umani hanno anche inventato nuovi modi di produzione di beni e servizi utilizzando combustibili fossili e sostanze chimiche tossiche. La rivoluzione industriale ha avuto enormi vantaggi a breve termine ma, a lungo termine, si paga con un ulteriore deterioramento del capitale naturale.

L'aumento della popolazione umana, sostenuto da una sempre maggiore efficienza nel modo in cui estraiamo beni dalla natura e sconfiggiamo



Crescita della popolazione umana mondiale, dal 10.000 a.C. al 2000 d.C. (EI T; Wikipedia Commons)

le malattie, sta compromettendo gli ecosistemi globali. In questo caso, non è solo la lotta di una specie contro altre specie concorrenti, ma la lotta di una specie (*Homo sapiens*) contro il resto della natura. Il tasso di evoluzione biologica del resto della natura, tuttavia, è sfasato rispetto al tasso della nostra evoluzione tecnologica. Stiamo correndo troppo in fretta e la risposta della natura, come previsto dalla legge sull'escalation, apparentemente non è così veloce.

Quando una risorsa diventa rara (ad esempio una preda) il predatore dovrebbe diminuire di numero. Ma se aumenta l'efficienza del predatore, la sua pressione sulla popolazione della preda potrebbe portare all'estinzione della preda. La nostra popolazione cresce a spese della nostra preda, con una lotta tra la natura e noi.

In una lotta tra la natura e noi chi vincerà?

La risposta a questa domanda è ovvia: la natura. Non possiamo sopravvivere senza il resto della natura e siamo il risultato di processi evolutivi basati su questa organizzazione della natura. Se la semplifichiamo troppo, allora erodiamo le premesse per la nostra sopravvivenza.

Conservare la natura, quindi, è una questione cruciale. Non nell'interesse della natura, ma nel nostro interesse. La natura può far fronte alle catastrofi. La paleontologia mostra che una serie di estinzioni di massa ha segnato la storia della vita. Ogni volta, gli organismi prevalenti si estinguevano o si riducevano drasticamente e nuovi organismi si evolvevano e diventavano dominanti. Quando questi divennero troppo "pesanti" per gli ecosistemi, fu il loro turno di estinguersi o di essere ridotti drasticamente di numero, lasciando così spazio a ulteriori prodotti dell'evoluzione.

Il successo di una specie, noto anche come *fitness*, è misurato dalla sua biomassa, il risultato

dell'obbedienza alla legge della crescita. Maggiore è la biomassa, maggiore è il successo, ma anche maggiore è la pressione delle specie di successo sul resto della natura. Pertanto, il grande successo espone le specie a grandi rischi di fallimento a causa del collasso dei sistemi che le sostengono sotto il loro stesso peso ecologico. Siamo la specie di maggior successo del pianeta, almeno negli ecosistemi emersi. Il nostro peso ecologico non è solo quello dei nostri corpi, ma anche quello delle specie che utilizziamo per soddisfare i nostri bisogni.

Rimane l'oceano

Sulla terra non siamo più cacciatori e raccoglitori da millenni. Tutti i prodotti biologici che utilizziamo, sia piante sia animali, provengono dall'agricoltura. Nell'oceano siamo ancora cacciatori e raccoglitori e, con la pesca, estraiamo risorse dalle popolazioni naturali. Anche in questo caso, però, i nostri progressi tecnologici stanno portando le popolazioni selvatiche verso l'estinzione commerciale. Persino l'oceano non è in grado di fornire ciò di cui abbiamo bisogno e ci stiamo rapidamente spostando dalla pesca all'acquacoltura, la controparte acquatica dell'agricoltura. Il passaggio da caccia e raccolta all'agricoltura sta avvenendo proprio ora, nei mari! Una volta fatto all'oceano ciò che abbiamo fatto alla terra, e siamo sulla buona strada per farlo, la nostra pressione sugli ecosistemi planetari raggiungerà il suo apice. Quindi non avremo più spazio e ulteriori risorse da sfruttare. L'evoluzione tecnologica ci sta sempre più aiutando a spremere risorse dalla natura, ma i limiti sono stati quasi raggiunti.

La soluzione interplanetaria

Stephen Hawking, il famoso astrofisico, riconobbe il problema e avvertì che il tempo è limitato e che il pianeta diventerà presto troppo ostile per

consentire la nostra sopravvivenza. Riconoscere il problema è il primo passo per trovare una soluzione. Hawking propose di colonizzare altri pianeti! La sua proposta è stata presa sul serio da importanti organizzazioni come la NASA e la ricerca di pianeti abitabili è diventata molto di moda. I media coprono ogni scoperta di un nuovo esopianeta in termini entusiastici, dando l'impressione che, là fuori, ci siano molti pianeti pronti per la nostra colonizzazione! Questa soluzione è semplicemente insostenibile. Non possiamo aspettarci di trovare altri pianeti con ecosistemi che siano favorevoli alla nostra sopravvivenza e non possiamo sognare di portare con noi i componenti dell'ecosistema planetario terrestre, in modo da ricostruirli sul nuovo pianeta. Se il nostro comportamento altera questo pianeta, è probabile che faremo lo stesso con altri pianeti. C'è un solo pianeta, per noi, e dobbiamo prendercene cura. Presumendo che risolveremo il problema colonizzando altri pianeti semplicemente lo sposta, trasformando la nostra specie in un alieno nocivo!

L'interpretazione delle leggi

La nostra corsa alla crescita è un fenomeno naturale poiché la nostra specie, proprio come tutte le altre specie, tende ad aumentare di numero secondo una legge naturale: la legge della crescita. Apparentemente, questa è l'unica legge a cui gli economisti vogliono obbedire, avendone fatto una legge economica. Tuttavia, un'altra legge naturale prevede che, quando le dimensioni di una popolazione superano la capacità portante degli ecosistemi, il numero dei suoi rappresentanti viene solitamente ridotto naturalmente, a causa della mancanza di risorse: la legge del limite. Siamo una specie intelligente e dovremmo imparare a limitare la nostra crescita in modo sostenibile, senza erodere il capitale naturale che consente la

nostra sopravvivenza. La legge del limite è valida anche nell'economia: le bolle finanziarie non sono altro che il risultato di una crescita eccessiva seguita da crisi che portano le condizioni a "normali".

La legge dell'equità

Le popolazioni umane dei paesi che hanno raggiunto il benessere materiale non stanno crescendo, mentre i paesi in difficoltà tendono a crescere. L'età della prima riproduzione è notevolmente ritardata nei paesi ricchi, mentre nei paesi poveri le femmine si riproducono precocemente e continuano a farlo per diversi anni. Le donne con un'istruzione superiore sono meno fertili delle donne non istruite. La bomba demografica verrà disarmata quando i paesi poveri non saranno più poveri. L'equità è il segreto per sopravvivere. È anche essenziale che i paesi ricchi condividano il loro benessere con il resto del mondo, altrimenti la pressione demografica dei paesi poveri comprometterà il funzionamento degli ecosistemi globali. Questa non è una decisione generosa dei paesi ricchi, è semplicemente una decisione necessaria, che sarà vantaggiosa anche per loro. La cooperazione tra individui, in una specie sociale come la nostra, dovrebbe essere la norma.



Flottiglia peschereccia di Mola di Bari, una delle tante che esercitano la pesca nel Mediterraneo (foto Giambattista Bello).

Per noi, tuttavia, la solidarietà è frammentata a livello dei vari paesi e culture, in competizione perenne l'una con l'altra. La globalizzazione, tuttavia, impone che la solidarietà diventi globale.

Evitare le conseguenze

Le conseguenze della continua crescita della popolazione umana e della sua crescita economica saranno semplicemente disastrose, poiché stiamo iniziando a sperimentare il cambiamento globale. Le porzioni crescenti della popolazione umana si sposteranno in posti migliori, dove si aspettano maggiori possibilità di sopravvivenza. Queste migrazioni non possono essere fermate e potrebbero persino portare a guerre globali, contro l'interesse di tutti i paesi.

È necessaria una cultura diversa per evitare queste conseguenze. Dobbiamo interpretare meglio le leggi della natura e tutti gli umani devono rendersi conto che solo la cooperazione ci salverà. La tecnologia deve aiutarci a produrre energia senza bruciare carburanti di alcun tipo e dovremo produrre cibo in modo compatibile per la sopravvivenza dei sistemi naturali. Ma questo avrà un significato solo se la nostra popolazione smetterà di crescere.

I paesi ricchi non hanno implementato alcuna misura per limitare la crescita della popolazione e, paradossalmente, i loro governi sono preoccupati a causa della mancanza di produzione di nuovi individui. Non possiamo imporre il controllo delle nascite ai paesi poveri. Dovranno raggiungere il nostro stesso livello di benessere o, meglio, il nostro benessere dovrà soddisfare il loro "cattivo stile di vita" in termini di consumo di risorse. L'obesità deve essere eradicata, proprio come la fame, poiché entrambe sono semplicemente sbagliate. Se tutti gli umani passeranno a una dieta prevalentemente carnivora, il pianeta non ci sosterrà a lungo. I paesi prevalentemente carnivori

devono ridurre la presenza di animali nelle loro diete, condividendo le proteine animali con paesi che non possono permettersi la carne e che hanno l'aspirazione di elevare la loro posizione trofica.

Il nuovo patto

Alcuni paesi hanno già riconosciuto la centralità della natura nelle loro Costituzioni. Ciò, tuttavia, deve innescare un ruolo predominante dei fatti naturali nella costruzione della cultura nei nuovi individui. Questa costruzione si svolge nel sistema scolastico, dall'istruzione primaria all'università. I politici e i responsabili delle decisioni attualmente in carica seguono ancora l'imperativo economico ed ecologico della crescita e ignorano le sue conseguenze ecologiche ed economiche. Marx, con le ricorrenti crisi del sistema capitalistico, ha riconosciuto i limiti della crescita e ha previsto gli arresti anomali dopo le crescite prorompenti (le ricorrenti crisi del sistema capitalista), proprio come predetto da Malthus e Darwin prima di lui. L'applicazione del sistema alternativo proposto da Marx per far fronte a questa mancanza non ha prodotto risultati soddisfacenti e dobbiamo inventarne uno nuovo, basato su principi condivisi, in teoria, da quasi tutte le religioni e politiche: *equità e prosperità*. Il problema di questo atteggiamento risiede nell'obiettivo di raggiungere questo risultato nel proprio paese, a spese di altri paesi: Donald Trump ha vinto le elezioni con lo slogan *America First*. L'inno nazionale tedesco è *Deutschland über alles*.

Il problema è globale e richiede un approccio globale: un accordo planetario.

Immagina la conversione ecologica

La scienza è l'unico modo di conoscere disponibile per l'uomo. L'obiettivo della scienza è identificare l'ignoranza e ridurla con l'osservazione e la sperimentazione. La religione è un modo alter-

nativo di conoscere, basato sulla fede in un essere superiore che governa tutti gli eventi. Scienza e religione hanno combattuto per secoli. Nel 2015, per la prima volta nella storia, un'autorità religiosa ha consegnato un documento ufficiale che invoca la conversione alla scienza. Jorge Bergoglio (Papa Francesco) ha pubblicato l'enciclica *Laudato si'*, chiedendo a tutti gli umani di convertirsi in ecologia: conversione ecologica.

I principi contenuti in questo documento derivano da studi ecologici, "biodiversità" ed "ecosistema" sono parole ricorrenti in esso, e Bergoglio denuncia la disuguaglianza che colpisce molti paesi. La scienza produce conoscenza e la mette a disposizione dell'umanità. I responsabili politici, le persone che fanno le nostre leggi, dovrebbero usare questa conoscenza con saggezza.

I tempi in cui ogni paese ha sviluppato le proprie politiche e leggi, spesso in contrasto con le politiche e le leggi di altri paesi, sono finiti. *La globalizzazione richiede una politica globale*.

L'elaborazione di questa politica è l'unica grande sfida per la nostra specie. Se non capiremo che questo è il problema numero uno e che non c'è problema numero due, la Natura farà il suo corso e la nostra specie svanirà, come è successo a tutti i precedenti dominatori del pianeta Terra.

Conclusione

Ho iniziato a scrivere questo contributo con l'obiettivo di dimostrare che il paradigma della crescita (sia economica o demografica, o entrambe) è contro le leggi della natura, poiché i sistemi naturali che ci sostengono sono limitati e c'è quindi un limite alla crescita. Quando ho cercato di rispondere alla domanda: quali sono le leggi della natura? tuttavia, ho dovuto ammettere, con una certa sorpresa, che mi sbagliavo. Stiamo seguendo le leggi della natura, con molta attenzione.

Riassumendo, la prima legge della natura che si

applica a questo caso è che ogni specie tende ad aumentare la sua numerosità e, di fatto, misuriamo il successo con il numero di esemplari prodotti: l' idoneità. Stiamo obbedendo attentamente a questa legge. È anche a quella della Bibbia: "sii fecondo, moltiplicati e riempi la terra!"

La legge che dice che tutte le specie tendono ad aumentare è comunque legata ad un'altra legge: anche se tutte tendono ad aumentare, non tutte possono farlo. La spiegazione è semplice: il mondo non potrebbe contenerle tutte se tutte lo facessero. La seconda legge della natura corregge la prima legge: esiste un limite alla crescita, la capacità portante.

Di qui la lotta per l'esistenza: le specie competono per l'accesso a risorse limitate.

La storia della vita mostra che le specie "vincenti" hanno un grande successo ma poi, di solito, si estinguono e lasciano il palco ad altre specie. La grande abbondanza di una specie erode le risorse che la sostengono fino al collasso. In questa fase, altre specie prendono il suo posto. L'alternativa consiste nel cessare di crescere e rimanere sotto il limite: la sostenibilità.

Non vi è alcuna contraddizione tra la legge della crescita e quella del conseguente crollo se la crescita non si ferma prima che sia troppo tardi. L'evoluzione per selezione naturale implica il turnover delle specie, proprio come accade per gli individui: le specie nascono, crescono e poi muoiono. Generando altre specie, a volte.

Le specie non si curano delle altre specie. Si preoccupano solo di se stesse, ma solo a breve termine. Non è "male" che un predatore uccida tutte le prede e poi si estingua. Finché ci sono prede, le uccide e le mangia. Poi si estingue.

Abbiamo evoluto la tecnologia, un prodotto biologico, dato che siamo entità biologiche, volto ad aumentare la nostra efficienza nell'estrazione di risorse. Se la "preda" diminuisce, inventiamo

nuovi modi per trovarla. Le popolazioni naturali si estinguono? E inventiamo l'agricoltura e l'allevamento: aumentiamo di numero grazie alla nostra intelligenza, ma erodiamo sempre più il capitale naturale. Nel fare ciò, obbediamo alla natura, proprio come tutte le altre specie, a cui non interessano le conseguenze del loro successo. Alcuni economisti influenti affermano che non dovremmo preoccuparci a lungo termine: entro un secolo saremo tutti morti! Pensavo fossero pazzi ma, invece, obbedivano a una legge naturale. Agli economisti non interessa l'erosione del capitale naturale così come i leoni non si preoccupano dell'erosione di zebre e gnu.

E quindi, va tutto bene? Sì! Se non saremo in grado di fermarci, la conseguenza sarà la nostra scomparsa, causata dal nostro successo. Come è già successo per le specie che, in passato, si sono alternate sul palcoscenico del pianeta vivente.

Abbiamo un'alternativa? Certo: dobbiamo disobbedire alla legge naturale della crescita, ma dobbiamo obbedire alla legge del limite. Per evitare ciò che la natura impone: le specie di successo possono limitare il loro successo o scomparire. Dobbiamo contrastare la naturale tendenza ad aumentare l'efficienza della nostra crescita numerica.

L'Italia mostra la via: ha smesso di crescere. Il motivo non è legato alla mancanza di posti di lavoro e sicurezza. Nei paesi in cui la crescita demografica è consistente non ci sono posti di lavoro e la sicurezza non c'è. Abbiamo raggiunto il benessere e abbiamo promosso un'istruzione superiore per le donne. Questo è il modo di andare contro natura. Le donne si rifiutano di essere produttori seriali di nuovi esemplari, come la natura impone: producono di meno.

Estendere il benessere e l'istruzione alle donne all'intera popolazione mondiale è la nostra via d'uscita, verso la moderazione demografica. Per

un po' gli anziani supereranno i giovani in numero, ma poi le cose torneranno alla normalità. Per rimanere sul palcoscenico della natura, dobbiamo capire come funziona e quali sono le leggi che sono più convenienti per noi, adattandoci ad esse. Abbiamo le risorse per farlo: siamo sociali e intelligenti. Possiamo farlo. Se, invece, obbediremo pienamente alle leggi naturali, proprio come tutti gli altri animali, finiremo come i personaggi principali del passato. I dinosauri, per esempio! Abbiamo la possibilità di determinare il nostro destino, un privilegio che tutte le altre specie non hanno mai avuto. La scienza ci dice che la sostenibilità è l'unico modo per contrastare la nostra estinzione, e siamo già il primo predatore preoccupato per lo stato della sua preda: il resto della natura. Abbiamo le risorse per risolvere il paradosso della sopravvivenza, fermando la crescita prima che il limite venga superato in modo

irreversibile: siamo sia sociali che intelligenti. Possiamo farlo. E se non lo faremo ... nessun problema. Sicuramente non condurremo la natura all'estinzione.

Post scriptum

La pandemia ci sta dando una sonorissima lezione. Saremo in grado di capirla? ●

Bibliografia

Boero F, *Ecologia della Bellezza*, Besa Editore, 2006.

Boero F, *Ecologia ed Evoluzione della religione*, Edizioni Controluce, 2008.

Boero F, *Economia senza natura. La grande truffa*, Codice Editore, 2012.

Boero F, *Ecco perché i cani fanno la pipì sulle ruote delle macchine. L'uomo e il suo rapporto con gli altri animali e le leggi della natura*, Manni Editori, 2018.



Le popolazioni di cernia, *Epinephelus marginatus*, sono state fortemente depauperate dalla sovrappesca, soprattutto dalla pesca di frodo, in molte aree del Mediterraneo (foto Giambattista Bello).

fare scuola



Questo è uno spazio dedicato alla riflessione sul fare scuola, sul lavoro d'aula con bambini e ragazzi, specificamente nell'ambito dell'insegnamento e dell'apprendimento delle scienze e dintorni.

Apriamo con la situazione d'emergenza che si è creata con la pandemia costringendo ad insegnare e imparare privi di uno degli strumenti essenziali: la comunicazione diretta, la restituzione immediata, la relazione interpersonale a tu per tu. Il ritardo della scuola e delle famiglie a gestire le tecnologie informatiche ha reso ancora più difficile collocare l'insegnamento delle scienze nel contesto laboratoriale che per natura richiedono. Per questo, oggi ancora più di ieri, la formazione degli insegnanti è una priorità irrinunciabile per tradurre l'azione didattica in termini di competenze.

Si continuerà riflettendo sui modi e sugli strumenti del fare scienze secondo criteri basati su un'idea di cittadinanza che non è solo conoscere, ma anche agire con responsabilità.

Didattica a distanza

Maria Arcà
risponde alle domande
della Redazione

Premessa: La polemica che ispira le risposte alle varie domande ha origine dall'intento esplicito di portare l'attenzione su "quello che non va", sperando che questa attenzione possa portare piccoli miglioramenti nella non facile situazione in cui ci troviamo. Ci sono moltissimi insegnanti impegnati a dare il massimo per i loro ragazzi, capaci di sfruttare tecnologie poco praticate, di inventare esperienze, di rimodulare lezioni. Ma troppo spesso, soprattutto nelle situazioni ufficiali, il riconoscimento del loro lavoro è utilizzato per nascondere l'inettitudine e il disimpegno talvolta inspiegabile di molti loro colleghi, delle Dirigenze e delle Istituzioni. Uno sguardo critico può forse sostenere chi lavora bene e stimolare i Responsabili ad essere responsabili anche di chi lavora male.

Due problemi prima di entrare nel merito delle Scienze.

La cosiddetta "didattica a distanza" si può considerare democratica? Le condizioni di fruizione dipendono dalle condizioni culturali ed economiche: si creano ostacoli anziché rimuoverli?

Vorrei sapere se la didattica in presenza si poteva considerare democratica. Io penso che come democrazia non era un gran che, come dimostrano le evidenti differenze rilevate dai dati Invalsi, a cominciare da quelle tra Nord Sud di Italia. La democrazia non può esistere solo nella scuola, e sappiamo bene che nella società esistono differenze enormi nelle modalità di vita di differenti fasce di popolazione. Comunque nella scuola a distanza vi sono alcune cose che la peggiorano. Tra i nuovi ostacoli che si formano mi sembra importante rilevare:

- le differenze negli spazi disponibili a casa, tra famiglie con differente reddito;



- le differenze tra la cultura dei genitori unita alla diversa disponibilità ad aiutare i figli nel destreggiarsi in casa tra tecnologie e compiti;

- le differenze nelle aspettative dei genitori stessi riguardo al futuro scolastico (voti) e non solo culturale dei loro figli;

- l'impreparazione tecnologica degli insegnanti e il loro conseguente appoggiarsi a lezioni teacher proof, proposte da enti vari, che non lasciano possibilità di esplorazione e ricerca nelle classi virtuali.

Tra i vantaggi, forse, la non presenza potrebbe diminuire atti di bullismo tra i ragazzi ma è importante ricordare quanto la discriminazione tra loro passi anche attraverso la esibizione della maggiore costosità di indumenti firmati e le prese in giro dei ragazzi più poveri che non li posseggono.

L'aspetto democratico che potrebbe essere sviluppato, con tutte le evidenti difficoltà, è una rimodulazione della relazione tra scuola e famiglia. I genitori potrebbero rendersi meglio conto delle difficoltà didattiche degli insegnanti ma anche guardare alle tante loro superficialità e sciatterie; gli insegnanti a loro volta, potrebbero rendersi conto di non essere gli unici depositari della cultura umana, accettando collaborazione e aiuto, talvolta anche compiti fatti con aiuti domestici in relazione ad altre esigenze non scolastiche, magari riuscendo a spiegare – se possibile – il senso delle tante verifiche da sussidiario, delle domande con risposte chiuse che certo non aiutano i ragazzi ad imparare ad esprimere il loro pensiero nel linguaggio nazionale.

Le tecnologie sono un supporto all'azione didattica, ma non sembra che ne migliorino la qualità per il solo fatto di esserci....

Questo, probabilmente, accade perché è difficile fare mediazione didattica tra un patrimonio culturale che non sempre gli insegnanti hanno e la capacità di interessare a questo dei ragazzi spesso disamorati da anni di cattive esperienze scola-

stiche o dalle esigenze ben più pressanti della loro adolescenza o della loro vita fuori della scuola. A volte le tecnologie informatiche, se i ragazzi sono motivati, possono essere un aiuto che loro stessi offrono all'insegnante, sviluppando una mediazione didattica all'inverso. Tra le tecnologie informatiche che gli insegnanti hanno cominciato ad usare c'è anche il registro elettronico, che mette in crisi ogni delicatissima relazione didattica in quanto rappresenta un occhiuto strumento di controllo tra scuola e famiglia, limita l'autonomia e la responsabilità dei ragazzi, valuta interrogazioni e verifiche con criteri che fanno finta di essere obiettivi ma nascondono – come sempre – aspetti delle reali convinzioni e impostazioni culturali degli insegnanti.

Quali sono i caratteri irrinunciabili di un apprendimento delle scienze significativo?

La capacità di seguire un filo di pensiero che porti ad esplorare diverse sfaccettature di un "aspetto di realtà" più o meno problematico; la capacità di far emergere idee possibili cercando di organizzare mentalmente i processi, i cambiamenti, le osservazioni relative a questo aspetto di realtà; saperlo interpretare con strategie o categorie cognitive di causa-effetto, macro-micro, spazio-tempo, stato-trasformazione... prima-durante-poi; riconoscere uno stesso schema costitutivo in altri fatti simili e – eventualmente – modellizzarli; rappresentare sperimentalmente alcuni aspetti per vedere come certi processi si svolgono effettivamente.

Le Indicazioni per il curricolo e le buone pratiche riconoscono all'ambiente di apprendimento un ruolo cruciale per creare un contesto favorevole all'apprendimento. Qualche aspetto delle nuove tecnologie può essere favorevole?

Sarebbe molto favorevole l'apertura dell'ambiente di apprendimento al di là della classe, della lezione

e dello stesso insegnante. Fare che la rete, compreso youtube, diventi parte integrante dell'ambiente di apprendimento, attraverso nuovi insegnanti o lezioni on line, guardando filmati, rappresentazioni grafiche di processi ed eventi, con visualizzazioni dinamiche che aprano strade all'immaginazione e alle conoscenze. Filmati di biologia, di geografia, documentari e fiction storiche sono essenziali per uscire dalle domanducce vero-falso dei libri di testo o dei sussidiari. Sostanzialmente rispettando lo spirito di autonomia e dell'imparare a imparare che sostiene le Indicazioni del 2012.

Che cosa si può insegnare/imparare delle scienze con queste modalità?

Sostanzialmente a pensare con la propria testa, ad essere incerti sulle risposte, a confrontare informazioni diverse, a trovare quello che si cerca invece di accontentarsi di quello che è obbligatoriamente dato da studiare. Il virtuale può aiutare a riconoscere il reale e viceversa, ben sapendo che aspetti microscopici o lontani nel tempo e nello spazio, o fuori misura... non possono essere visti con gli occhi ma servono aiuti grafici o immagini complesse per capire e visualizzare mentalmente processi e funzionamenti invisibili. Sono decine di anni che i ragazzi non vanno in laboratorio, non sanno usare le mani e non hanno idea di come organizzare una ricerca di risposte concrete neppure alle più banali domande sulla classica germinazione delle lenticchie. Almeno così potrebbero avere informazioni visive dinamiche di quello che abitualmente studiano come semplici descrizioni a parole. E magari farsi venire delle effettive curiosità.

Si può fare formazione dei docenti in servizio a distanza nell'ambito della didattica delle scienze?

E secondo voi si può fare in presenza? Con che risultati? Per la gioia di sentirsi dire che in classe non si potranno mai rifare le cose provate nel corso perché:

1. non c'è tempo;
2. i ragazzi sono indisciplinati;
3. non ci sono i materiali adatti;
4. non si può fare disordine;
5. un conto è fare esperienze al corso, un conto è farle in classe;
6. magari i ragazzi fanno domande a cui non sappiamo rispondere;
7. i genitori vogliono cose precise da studiare seguendo un programma (quale?);
8. il cugino Pierino non farebbe mai cose simili;
9. etc.

Certo che si potrebbe, se si riuscisse a stabilire un onesto dialogo e una reale situazione di ricerca tra formatori e insegnanti. Ma si può anche lasciare il computer acceso in una stanza e andare a stirare in cucina.

I mezzi e i personaggi messi in campo dalla RAI in alcuni canali dedicati (RaiGulp, Raistoria, Raiscuola...) possono fornire un aiuto significativo alla didattica a distanza?

Se gli insegnanti avessero un minimo di cultura potrebbero servirsene per ampliarli, modellarli sulla classe, trovare insieme informazioni aggiuntive o discordanti, contestarli, sviluppare possibilità plausibili... ragionarci sopra, servirsene per una loro formazione personale. La domanda è se è meglio seguire ottusamente un programma rai o un sussidiario. Forse è meglio la Rai.

In Paesi come quelli australiani la didattica a distanza è quasi la norma, hanno modalità particolari che le rendono equiparabili alla didattica in presenza?

Non ne so niente. Come sempre dipende dalla visione culturale con cui vengono utilizzati, ben sapendo che anche la didattica in presenza, con verifiche rituali e voti fino alla seconda cifra decimale può essere orrenda. ●

**Qualche
sprazzo di
riflessione
“sull’avvenire
delle nostre
scuole”
evocato da quello
che (non) ci
diciamo, nella
perturbazione da
Covid-19**

Paolo Guidoni

Si sente – si legge – si vede... di tutto su cosa potranno essere/diventare, dopo, le nostre scuole. Onestamente, penso che non “andrà tutto bene”: avendo in mente e negli occhi quello che alle nostre scuole è successo negli ultimi 30-40 anni; o quello che quasi sempre è successo dopo l’ultima mezza dozzina di terremoti.

Eppure non si può fare a meno di riflettere su quello che, *volendo*, potremmo avere in mano: non tanto per ri-costruire alla meglio una realtà di fare-scuola in media abbastanza deprimente, per gli individui e per la società; quanto per metter mano a *costruire* gradualmente un prossimo futuro di vita-a-scuola che sia, almeno un po’, migliore per tutti gli umani che vi sono coinvolti. Naturalmente la prima condizione perché qualcosa di questo tipo possa succedere è una doppia *consapevolezza condivisa*: che, di fatto, finora le cose in media sono andate – vanno – in modi molto lontani da una normalità accettabile; e che di fatto esistono *spazi di possibilità aperti a cambiamenti significativi*. Spazi in vario modo pre-tracciati sia da molte pratiche di base che da molte indicazioni di ricerca: tutte di fatto mai “utilizzate” (rese accessibili dopo averle capite, e poi reciprocamente confrontate e integrate). Ovviamente, *volendo*; e quindi collaborando a una progettualità e a una attuazione di largo respiro, non ‘precettistica’ ma coerente negli obiettivi e nei modi per raggiungerli.

È quello che viene sempre di nuovo in mente, prepotentemente, appunto ascoltando/leggendo quello che di questi tempi si dice, si scrive, si discute di quel “dopo-virus” che sembra incombere sulla scuola; insieme al timore che, ancora una volta, gli interventi con “toppe” scoordinate possano alla lunga risultare tanto nocivi quanto le inerzie sui “buchi” evidenti.



Tanto per dire, lo stesso giorno sullo stesso giornale.

- *Ci sarà penuria di aule e di insegnanti*, mentre è necessaria la "socializzazione" dei ragazzi.

Idea da Ministero: si potrebbero "fare" spiegazioni online, e interrogazioni e compiti scritti a scuola, a gruppi...

- *Ci sarà chi "resta indietro"*.

Idea da Fondazione Agnelli: bisogna tener ben presente che il meccanismo dell'istruzione funziona come una scala a pioli ...

Abbiate pazienza, ma così (e si potrebbe continuare...) proprio non va. Se la scuola vuole (ri)avere un ruolo culturale, deve *imparare a rendere socialmente significativi* i processi del meravigliarsi, del capire, della creatività – non quelli delle *verifiche*. Se si vuole, meritevolmente, dare una mano alla sgangherata gestione della scuola, bisogna prendere atto che i modelli di trasmissione culturale basati su meccanismi o su *scale-a-pioli*, così di moda una cinquantina di anni fa, oggi hanno proprio le gambe corte – in relazione non solo al funzionamento degli umani, ma anche a quello dell'intelligenza artificiale. Fermo restando che in ogni caso l'accesso al sapere attraverso *percorsi socializzati*, guidati e mediati da altri umani, è *patrimonio dell'umanità* da migliaia di anni.

Oggi sembra soprattutto difficile convincerci – almeno un po' – che è diventato urgente e prioritario accordarsi su un modo di guardare/vedere/affrontare la *realtà effettuale* delle nostre scuole: attraverso un progetto, sì, in cui molti penso sarebbero disposti a impegnarsi con idee e strumenti efficaci; un progetto che però voglia/sappia affrontare *anche* i nodi radicali che sono a monte di tante incomprensioni, frustrazioni, non-successi... danni. Così, nel dire ancora la totale disponibilità a un'eventuale (piccola o grande) impresa condivisa, per ora provo a condividere soltanto qualche sprazzo di memoria-riflessione, quasi immediatamente evocate dai fatti di questi giorni.

Tutti a casa... ma per fortuna, la potenza della tecnologia... per fortuna, le tante proposte online...

C'è la ben nota storiella dell'ubriaco carponi sotto un lampione. L'ho sentita la prima volta raccontata *a scopo tecnicamente educativo* da Bruno Tuschek, il mio relatore di tesi in fisica teorica.

- Ma lei cosa sta cercando?

- Ho perso le chiavi di casa ...

- Ma è sicuro di averle perse qui?

- No... ma qui c'è luce e ci vedo anche senza occhiali.

Già. E poi a qualcun altro è venuto in mente che forse (spesso?) ci capita di *mettere (e poi usare) i lampioni nei posti sbagliati*: così che forse (spesso?) i nostri stessi *modi* di guardare/cercare non ci aiutano granché a uscire dai guai. Dalle *aporie*, avrebbe precisato il buon Aristotele: dalle situazioni che vediamo come senza via d'uscita. Già. Ma che lampioni e occhiali usiamo nel parlare/discutere di scuola? Non ci converrebbe cercarne – o metterne – anche qualche altro? Non sarebbe utile, solo per esempio, accordarsi bene sui *bisogni educativi normali* prima di aggrovigliarsi sui *bisogni educativi speciali*? Accorgersi che è proprio la *normale routine* che non funziona, prima di inondare e stordire gli insegnanti di proposte e tecnologie da *inserire nella normale routine*? Fermo restando che proposte e tecnologie *possono* diventare cruciali, *purché* gestite all'interno di *normali* strategie coerenti e lungi-largo-miranti.

Tutti a casa... ma per fortuna sono a casa anche i genitori...

Un po' di anni fa, sezione dei 5 anni in una Scuola d'Infanzia del Comune di Modena. Tutti i bambini sono profondamente coinvolti nel condividere (esprimere, rappresentare ...) la loro 'meraviglia costruttiva' per come di fatto è fatto il mondo. Colori che si mescolano sciogliendosi nell'acqua e poi si ri-separano assorbiti dallo scottex ... contorni e co-

lori che cambiano con la distanza nella nebbia, o con l'oscurità sul far della sera... cucchiari di minestra contati e lacci di liquirizia spartiti... cartone e stoffa neri che non lasciano passare la luce, ma l'acqua sì, e vetro e plastica che lasciano passare la luce, ma l'acqua no... i colori dei nostri occhi... i semi che spuntano, e quelli che no... i mali di pancia, come vengono e come vanno... Tra tutti, Stefano sembra un po' speciale: nel colpo d'occhio e nella strategia, nell'interloquire con l'adulto e nel trascinare i compagni (e le insegnanti...). Forse non si dovrebbe, a un certo punto scappa detto: "ma Stefano, mi spieghi come mai queste cose ti vengono fatte così bene?" - "io... è che... *la mia mamma quando sta in cucina mi fa pacioccare... e poi mi dice...*". Ah, sì. *Mi fa*: mi lascia, e/o mi incoraggia. *E poi mi dice*: così mente e mondo si illuminano, come gli occhi che ti guardano mentre lui risponde. Peccato solo che proprio non riusciamo a dirci chiaramente, e quindi a gestire con efficacia e largo-lungo-miranza, la cruciale e infrangibile correlazione fra *casa e scuola* che inevitabilmente mette in forma (spesso de-forma...) il crescere di ogni bambino, il suo modo di vedere e affrontare la vita. Tutta la vita.

Ma c'è sempre il problema della motivazione... a 'impegnarsi'... a imparare, a insegnare, a formare...

"*Tutti gli uomini, per natura, hanno desiderio di conoscere*". È la frase di apertura della *Metafisica* di Aristotele.

Tutti. (Anche gli schiavi? sì, seppure il loro potenziale essere-uomini sia abbastanza ridotto dalle circostanze).

Per natura. (Ma allora, non avere - o perdere - quel desiderio di conoscenza è contronatura? ma allora, cosa diavolo combiniamo *per lo più* nelle nostre scuole, nelle nostre famiglie, *per ridurre* così i nostri ragazzi?). Qualcuno, oggi, parla ufficialmente (in ambito di Europa) dello *stifling* (soffocamento) di preziose potenzialità umane - a partire da curio-

sità, creatività, flessibilità... - prodotto in media dal *normale* modo di insegnare sotto gli otto/dieci anni. È ovvio, allora, che nessuno può provare gusto nell'essere soffocato - né, ovviamente, nel soffocare. E le motivazioni? (*Lontanando, morire a poco a poco*). Ma allora, questo qualcuno sta vedendo i fatti come Aristotele? Torniamo a lui: se negli umani c'è desiderio di sapere, è evidente che dagli umani in quanto tali conoscere deve essere visto come un bene...; quindi, deve essere associato a uno specifico piacere...; questo, *per lo più* prodotto dal superamento di uno stato di meraviglia-incertezza-disagio-bisogno...; tanto è vero che (al termine della *Metafisica*) "è ovvio che anche i matematici devono considerare, fra le cause, questo piacere che nasce dal [senso di appropriazione del] 'bello'".

Dunque. Riflettendo sulla trasmissione culturale (a casa e fuoricasa, a scuola e fuori scuola) la prima cosa che viene in mente è che *bisogna* (bisognerebbe...) cominciare dal chiarirsi almeno un po' su un serio problema a monte: ma, noi umani, chi siamo? *Siamo quello che siamo diventati*: attraverso tempi e contesti quasi in-immaginabili di progressiva evoluzione, in cui fisiologia cognitivà affettività cultura... si sono strettamente e irreversibilmente sovrapposte e intrecciate. E di questo nostro essere-diventati c'è, fra tanti altri, un *primo aspetto-chiave*. La nostra *progressiva neotenia*: cioè il fatto che lo sviluppo di autonomia individuale è stato, via via, sempre più ritardato a tempi (anni e anni...) dopo la nascita; e che, *in stretta correlazione*, è progressivamente cresciuto l'impatto "*epigenetico*", *fisico e mentale*, che può essere esercitato più o meno direttamente dalle *cure* parentali, dalle *pressioni* del gruppo, dalla *trasmissione* finalizzata di saperi e comportamenti generalmente culturali. E questo fino a incidere profondamente sulla stessa progressiva variazione-selezione evolutiva, individuale e di gruppo, che ci ha portato a essere gli umani che siamo. Siamo cioè, ci sembra

oggi di scoprire scientificamente in forma di schematico autoritratto, una specie raffinatamente (esplosivamente) *auto-addomesticata* (cfr. R. C. Francis); pur con tutto il suo connaturato bagaglio di specifica e diffusa *imperfezione* (cfr. T. Pievani). Ma c'è un *secondo aspetto-chiave: condizione e al tempo stesso risultato* di ogni forma di efficace epigenesi (sviluppo sopra-genetico) è la progressiva *risonanza* fra una azione esterna che sollecita variazioni finalizzate e una reazione interna che seleziona le sollecitazioni, eventualmente traducendole in *appropriazioni*. ("Assimilazioni" e "accomodamenti", avrebbe detto J. Piaget) Dove (e non è un gioco di parole) "interno" ed "esterno" si possono riferire sia all'individuo, come sta via via diventando nell'ambiente che tende a configurarlo; sia all'ambiente stesso (a sua volta in lenta trasformazione) nei confronti delle reazioni selettive di individui che sono sempre vincolati dal loro presente modo-di-essere. Con tutto il dirompente significato associato alla nozione di *risonanza* (e, quindi, *dissonanza*), senza cui sembra difficile interpretare le trasformazioni evolutive in generale, ma in particolare quelle culturali. (Basta pensare alle correlazioni risonanti fra pensiero e linguaggio, percezione e azione, *convolute* in progettualità e metacognizione, che ci caratterizzano come umani).

Certo: detto in due parole può sembrare complicato; o, anche, fuori tema rispetto al fare-scuola-oggi. Ma dovremmo riuscire a *vedere* un'implicazione cruciale. Oggi, ogni umano che nasce *si aspetta*, per propria natura evolutivamente acquisita, di essere accudito-sollecitato *anche* culturalmente, e con efficacia: cioè in un modo che sia percepito e riconosciuto come cognitivamente ed emotivamente risonante all'interno di ogni livello di sviluppo globale; e *si aspetta* che questo avvenga attraverso una mediazione, esercitata da parte di altri umani, che coinvolga in ogni sua modalità

sia le *comuni* potenzialità cognitive e affettive, sia le *protesi* culturali che di fatto definiscono il modo di vivere del gruppo di appartenenza. Tenendo presente che in gioco non ci sono specifici comportamenti più o meno precoci, ma proprio gli stessi *principi* (come li chiamavano gli antichi) che stabiliscono per ogni umano la correlazione totalizzante fra natura e cultura. E se per alcuni (per i più ...) questo non succede, o succede in modo deformante?

"Se no, no": non è un rifiuto della cultura in quanto tale, ma di *modi non umanamente risonanti* di imporla (a cominciare dai tentativi maldestri di condizionamento). Dopotutto, su questo concordano Stefano e Aristotele, e chi nota la carenza di lampioni e occhiali adeguati. Dopotutto, è quello che ben intravedeva L. S. Vygotskij parlando di "spazio di potenziale sviluppo mediato" come luogo privilegiato di interazione fra natura e cultura. E dopotutto, "in scienza e coscienza", come fondamentale risultato di decenni di ricerca: quello che *si può* sviluppare mettendo in forma e modulando secondo risonanza la progressiva trasmissione culturale è ben di più, in qualità e quantità, di quello che a parità di sforzi e tempi si ottiene in modi "normali".

Con questa fiducia-speranza potremmo, allora, ripartire fruttuosamente. O forse *partire*: guardandoci intorno con cura sufficiente, esplorando percorsi di "trasmissione culturale" che siano coerenti con una nostra crescente auto-consapevolezza (con il "conosciamo noi stessi" di così antica memoria). ●

Bibliografia

Francis R C, *Addomesticati. L'insolita evoluzione degli animali che vivono accanto all'uomo*, Torino, Bollati Boringhieri, 2016.

Pievani T, *Imperfezione. Una storia naturale*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2019.

Paolo Mazzarello
Il professore e la cantante. La grande storia d'amore di Alessandro Volta
Bompiani, 2020 EAN: 9788830102316



Esiste un Olimpo della Scienza ancora più esclusivo dei Premi Nobel. Tanto ristretto, che conta solo diciotto membri e non se ne vedono, per il momento, prospettive di allargamento. Mi riferisco agli scienziati eponimi delle unità di misura impiegate nel Sistema Internazionale. Le sette grandezze fondamentali e le diciannove principali grandezze derivate sono misurate in unità di misura che in diciotto casi su ventisei prendono il nome, con iniziale minuscola, di uno scienziato, la cui opera è risultata fondamentale nel relativo campo di ricerca. Accanto ai nomi di sei scienziati inglesi, quattro francesi, quattro tedeschi, uno statunitense, un croato e uno svedese, c'è anche il nome di un italiano, Alessandro Volta. Il volt, con una lieve ma forse non inaspettata elisione che trova analogo solo nel farad, è l'unità di misura del potenziale elettrico. La rilevanza dell'opera scientifica di Volta rischia di attrarre tutta l'attenzione dedicata alla figura dello scienziato sulla sua attività di ricerca. Sono lasciati fuori del cerchio di luce dell'indagine storica aspetti della personalità e vicende private solo apparentemente secondari nel processo di maturazione delle idee scientifiche.

Con questo libro Paolo Mazzarello guida il lettore, con perizia degna di un anatomopatologo, nei dettagli della ricostruzione storica del contrastato amore sbocciato tra il professore universitario Alessandro Volta e la cantante lirica Marianna Paris. Il libro si distingue non solo per l'accuratezza e la ricchezza delle fonti che sostengono la ricostruzione storica, ma anche per la capacità di attenta descrizione dell'ambiente storico e sociale nel quale Volta era inserito. Se sulla qualità della ricostruzione storica non esistevano dubbi, visto anche il ruolo accademico dell'Autore presso la stessa Università di Pavia in cui Alessandro Volta aveva insegnato ed effettuato ricerche, lo squarcio aperto sul comportamento sociale della specie umana in Lombardia nel Secolo dei Lumi offre scorci inattesi.

La rigida suddivisione castale che modellava la società lombarda nella seconda metà del Settecento piegò alla propria logica anche una figura di rilievo culturale e sociale come quella di un professore di una delle più prestigiose Università europee, nel cuore di una regione aperta agli scambi e agli influssi culturali di tutto il continente, sottoposta in quel frangente storico all'illuminato dominio dell'Impero Asburgico. La rigorosa logica castale si esercitava in particolare sulla contrazione dei matrimoni, combinati entro una rete di famiglie di rango equivalente. Il controllo non era probabilmente altrettanto rigido, da quanto si intuisce, nei confronti dei flussi genici, in particolare quelli veicolati dai gameti maschili. Una tolleranza, quest'ultima, destinata comunque a bloccarsi sulla soglia del riconoscimento della prole generata con appartenenti a ceti sociali inferiori.

La parabola dell'amore impossibile del professor Alessandro Volta per una donna di origini non patrizie e dalla professione all'epoca sconveniente occupò l'arco di un lustro. Nella primavera del 1789 avvenne il primo incontro tra i due, nell'autunno del 1794 Volta convolò a nozze con Teresa Peregrini, soggiacendo alle imposizioni della propria famiglia, inflessibilmente espresse dal maggiore dei fratelli, l'arcidiacono Luigi. Gli eventi storici che proprio in quegli anni diedero il via a un'epocale trasformazione dell'Europa rimasero quasi inavvertiti da un Alessandro Volta impegnato in una impresa degna di Sisifo contro le convenzioni sociali del tempo.

La frustrazione e la disperazione dell'innamorato costretto alla coercizione dei propri sentimenti portarono Volta a reindirizzare le proprie energie verso l'indagine scientifica, stimolata in quegli anni dalle notizie che giungevano da Bologna sulle strabilianti scoperte effettuate da Luigi Galvani. La sagacia sperimentale e la solida impostazione scientifica di Volta superarono le suggestive ma ingenuità intuizioni di Galvani sull'origine della cosiddetta «elettricità animale», fino alla realizzazione del primo apparecchio capace di impiegare l'energia potenziale chimica per generare un potenziale elettrico e pertanto una forza elettromotrice, quelle stesse grandezze che oggi misuriamo, per l'appunto, in volt.

Fabio Fantini

Hanno collaborato a questo numero:

Elvira Antonucci, laureata in Scienze Biologiche presso l'Università di Bari Aldo Moro con una tesi su *Dermochelys coriacea*, sta concludendo il *Master's Degree Course in Biology and Ecology of the Marine Environment and Sustainable Use of Marine Resources* presso l'Università Federico II di Napoli. È appassionata di divulgazione e di subacquea.

Maria Arcà ha svolto ricerche in Biologia Molecolare presso l'Università e il CNR di Roma. Si è occupata degli aspetti cognitivi ed epistemologici nell'insegnamento delle scienze; ha svolto attività di formazione per insegnanti della scuola di base, ha pubblicato articoli e testi in Italia e all'estero.

Antonio Barasa, dottorato di Neuroanatomia funzionale veterinaria presso l'Istituto di Istologia ed Embriologia del Dipartimento di Morfofisiologia Veterinaria dell'Università di Torino, dove attualmente svolge attività di ricerca e di laboratorio circa le tecniche utilizzate in embriologia, istologia, neuroanatomia e neuropatologia.

Giambattista Bello, naturalista e biologo marino, specializzato in biostatistica e teutologia, ha lavorato presso il Laboratorio di Biologia Marina di Bari e, quindi, col gruppo Grandi Pelagici della Facoltà di Veterinaria dell'Università di Bari. Dedicò parte delle sue energie alla divulgazione scientifica; ha scritto i libri *Il mare e il pescatore* (Provincia di Bari) e *Polpo di scena* (Adda Editore, Bari).

Fabrizio Bianchi, Ricercatore CNR è responsabile dell'Unità di Ricerca Epidemiologia Ambientale. Principali campi di studio e ricerca: Epidemiologia ambientale e occupazionale, Epidemiologia riproduttiva e perinatale, Statistica medica e metodi statistici per l'epidemiologia, Sistemi di sorveglianza epidemiologica. Coordinatore di numerosi progetti europei e nazionali ha collaborato con numerosi Istituti scientifici USA, Europa, Italia.

Ferdinando Boero è professore di Zoologia all'Università di Napoli Federico II. Associato all'Istituto per lo studio degli impatti Antropici e Sostenibilità in ambiente marino (IAS) del CNR. Presidente della Fondazione Dohrn della Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli. Autore di *Economia senza natura. La grande truffa* (Codice Ed., Torino, 2012), *Ecco perché i cani fanno la pipì sulle ruote delle macchine. L'uomo e il suo rapporto con gli altri animali e le leggi della natura* (Manni Ed., San Cesario, 2018).

Antonio Cambi laureato in Medicina e Chirurgia all'Università di Pisa, si è poi specializzato in Medicina dello Sport ed in Medicina Interna d'Urgenza, e perfezionato in Medicina delle Assicurazioni (Università di Pisa) e Medicina Aeronautica e Spaziale (Università di Padova).

Roberto D'Alessandro, fisico oceanografo e geologo, appassionato di mare, consegue tutti i brevetti subacquei CMAS. Avviato alla fotografia subacquea da Claudio Ripa, ha organizzato mostre fotografiche e conferenze di settore, al fine di creare strumenti di sviluppo e conoscenza popolare del mare.

Marirosa Di Stefano, laureata in Medicina, già professore associato di Neurofisiologia all'Università di Pisa. I suoi principali temi di ricerca hanno riguardato la plasticità corticale e le interazioni interemisferiche. Attualmente si occupa di divulgazione scientifica.

Fabio Fantini, già docente di scienze naturali, chimica e geografia, autore e collaboratore della Italo Bovolenta Editore, ha contribuito a costituire il Gruppo Olimpiadi delle Scienze dell'ANISN e ne ha fatto parte fino al 2019; è stato membro della redazione della rivista *Naturalmente* a partire dal 2005 e della redazione di *Naturalmente Scienza* fin dall'origine.

Moshe Feinsod è un importato neurochirurgo israeliano con ampi interessi nel campo della storia delle neuroscienze. Laureatosi nell'Università ebraica di Gerusalemme, ha trascorso lunghi periodi di ricerca negli Stati Uniti. La sua attività scientifica si è svolta soprattutto nell'ambito della neuro-oftalmologia, con ampio uso della tecnica dei potenziali evocati visivi. Per 19 anni direttore del Dipartimento di Neurochirurgia del Maimonides Medical Center di Haifa; nel 2006 è stato presidente della International Society for the History of the Neurosciences.

Silvia Fogliato, insegnante di italiano e storia, è esperta di glottodidattica e autrice di testi scolastici di educazione linguistica. Appassionata di piante, nel 2015 ha aperto il blog *I nomi delle piante* in cui racconta l'incontro tra gli esseri umani e le piante. Dal 2018 collabora con *Naturalmente Scienza* con la rubrica "Uomini, piante e altre storie".

Paolo Guidoni, docente di Fisica teorica, ricercatore in Fisica sperimentale delle particelle, ha approfondito la modellizzazione dell'apprendimento in area scientifico-matematica-linguistica, collaborando con A. Manzi e MCE. Responsabile di progetti nazionali ministeriali ("Capire si può", SENIS, SET, ISS) sull'insegnamento della fisica, ha curato in SSIS l'insegnamento integrato di matematica e fisica e la formazione primaria. Membro della Scuola Internazionale "Enrico Fermi" di Varenna, è attualmente impegnato nella stesura di "Percorsi attraverso Spiegare&Capire", concernenti la matematica per la scuola di base e la fisica fino al livello universitario.

Luciano Luciani, già docente nei licei di italiano e latino, vive e lavora a Lucca. Ha scritto di partigiani e garibaldini, di cucina e di donne poco per bene. Collabora con *Naturalmente* dalla metà degli anni novanta, con *Naturalmente Scienza* fin dall'origine.

Marco Piccolino, studioso di neuroscienze, ha insegnato per molti anni all'Università di Ferrara e ha pubblicato, oltre a importanti contributi scientifici nell'ambito della fisiologia visiva, diversi volumi di storia e cultura della scienza con prestigiose case editrici italiane e straniere. I suoi interessi storici sono diretti anche a una ricostruzione puntuale e documentata delle stragi nazifasciste in Toscana.

Maria Turchetto ha insegnato Storia del pensiero economico e Epistemologia delle scienze sociali all'Università Ca' Foscari di Venezia. Collabora a numerose riviste italiane e straniere, è presidente dell'associazione culturale "Louis Althusser" e dirige presso Mimesis le collane *Althusseriana* ed *Epistemologia*.

Catherine Vidal, neurobiologa, è direttrice di Ricerca all'Institut Pasteur di Parigi. Lavora attualmente nel Comitato Etico dell'ISERM (Institut national pour la santé et la recherche médicale) in cui è responsabile del gruppo "Gendre et Recherches en Santé".

