naturalmente scienza

novembre 2020
anno 1
numero 1
quadrimestrale

in questo numero:

In primo piano: *Effetti collaterali della vita* di Fabio Fantini • *Covid-19, percezione del rischio e problemi ambientali* di Liliana Cori e Fabrizio Bianchi • Ritratto di famiglia • Focus: *Ambiente, un delicato equilibrio* di Vincenzo Terreni • *Ambientalismi di ieri e di oggi* di Elena Gagliasso e Sara Campanella • *Cartolarizzare l'aria* di Paolo Cacciari • *Le discariche del "mondo avanzato"* di Maria Turchetto • *La plastica "in mostra"* di Silvia Battaglini, Elena Bonaccorsi, Marco Dellacasa, Simone Farina, Marina Locritani, Silvia Merlino, Patrizia Scaglia, Chiara Sarbini • Uno scatto alla natura • Contributi: *Giuseppe Levi, le balene, il pesce luna e i gangli cerebrospinali* di Marco Piccolino e Antonio Barasa • *Questioni di genere in ambito scientifico* di Antonella Cecchettini • *Le neuroscienze nella Bibbia e nel Talmud* di Moshe Feinsod • *Il compito dell'archeo-genetica e la questione delle differenze biologiche* di Tomaso Di Fraia • 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 testata
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

In copertina e controcopertina:
Portovenere settembre 2015, foto Raffaello Terreni Dreamatic

editoriale

Il più grande nemico della conoscenza non è l'ignoranza, è l'illusione della conoscenza
Stephen Hawkings

Una delle conseguenze della ripetuta chiusura di esercizi e servizi vari che rappresentano pericoli per le aggregazioni di persone, è la parziale, ma molto estesa, chiusura delle scuole. Questa nuova chiusura non è meno dannosa della precedente in quanto la didattica a distanza (DaD) non è stata curata al punto tale da essere svolta in modo sistematico da ogni istituto scolastico. Disse bene l'allora neo Ministra Azzolina: "I dirigenti scolastici, nella loro autonomia sapranno trovare le soluzioni migliori sia per la sicurezza che per la DaD": in effetti le scuole sono autonome di nome, ma non ancora di fatto anche per le caratteristiche dei dirigenti, normalmente ex insegnanti, dotati di rado delle caratteristiche necessarie per affrontare con successo una situazione come l'attuale.
Tutto ciò ha comportato un ritardo considerevole della riapertura, tra stucchevoli discussioni sui banchi a rotelle, alimentate da una stampa lontana da sempre dai contenuti e dai metodi di insegnamento. Talora si sentono richiami agli insegnanti di effettuare la DaD nei metodi e nei tempi prescritti e di non abbandonare gli allievi dopo un quarto d'ora di slide debolmente commentate. È vero che molte associazioni disciplinari dei docenti si sono sforzate di fornire modelli ed esempi di lezione a distanza di Matematica, Fisica, Lingue, Storia e molto altro, ma si tratta di iniziative settoriali affidate alla libera iniziativa dei docenti. In sostanza non c'è un piano preciso, ufficiale, testato ed efficace. Questo è non "un" problema, ma "il" problema che aumenterà la distanza tra la nostra scuola e quella degli altri Paesi fortemente industrializzati con conseguenze gravi sul tema già drammatico dell'analfabetismo funzionale dilagante in Italia. Un analfabetismo particolarmente evidente per gli aspetti tecnologico-scientifici della conoscenza di massa.
Intanto l'interesse verso il magico si mantiene alto: "maghi e fattucchiere" italiani ogni anno riescono a convincere 13 milioni di cittadini a versare loro una cifra che il Codacons stima sugli 8 miliardi. Ogni giorno 30 mila connazionali prendono il telefono per contattate i "Santoni" con l'aspettativa di avere cure miracolose e buone notizie su salute e soldi. "Operatori veggenti ed esoteristi offrono circa 30 mila consulenze al giorno. Col massimo in Lombardia: 2.800 operatori dell'occulto e 200 mila clienti di età dai 30 ai 55 anni".
Intanto il complottismo, il negazionismo, i No-vax trovano spazio e giornali che danno voce alle loro manifestazioni in cui palesano avversione alle regole fondamentali di igiene ambientale e personale per la profilassi antivirale. Negli USA interi Stati sono dominati da questi atteggiamenti di rifiuto e, come seguaci del presidente Trump, moltitudini hanno partecipato ad adunanze elettorali contravvenendo ad ogni norma di sicurezza. Se ricoverati in ospedale, perché infettati dal virus, hanno chiesto di non essere curati sostenendo l'inesistenza del virus. Difficilissimo tentare un colloquio costruttivo con i seguaci di ideologie fanatiche che oppongono ad ogni richiesta di confronto un netto e violento rifiuto tacciando l'interlocutore di essere al soldo dei poteri occulti che vogliono ridurci in schiavitù. Ora anche "Radio Maria" è entrata nel mazzo contribuendo con Belzebù a rafforzare il gruppo dei malvagi incurabili.
Cosa opporre a questa gente, non solo per difenderli dalla pandemia, ma anche per evitare che costituiscano un serbatoio permanente e ambulante di infezione? Troppi personaggi famosi, anche se non sempre di spessore, si sono uniti a questa fetta di popolazione dando loro credito e modi di fare adepti. Anche parlamentari di rilievo e popolarità hanno colto l'occasione per cavalcare il loro momento a fini di propaganda.
In che modo, se non attraverso una conoscenza profonda e strutturata come quella fornita da una formazione scolastica attenta e moderna, si possono costruire gli anticorpi giusti per riportare streghe, stregoni e diavoli a popolare le favole?

Per concludere con una nota triste: Marcello Buiatti se n'è andato. Genetista di fama internazionale di vasta e raffinata cultura, non ha mai trascurato l'impegno civile per combattere contro manifestazioni antidarwiniane e promuovere il Manifesto degli scienziati contro il razzismo. Nonostante tutti i suoi impegni ha mantenuto fino alla chiusura la sua amicizia per Naturalmente con i suoi scritti originali e il suo cordiale sostegno, come mostra l'articolo che pubblichiamo come ricordo nelle pagine seguenti.

SOMMARIO

IN RICORDO DI MARCELLO BUIATTI
Prepararsi al risveglio scientifico
di Marcello Buiatti 5

IN PRIMO PIANO
Effetti collaterali della vita (seconda parte)
di Fabio Fantini 7
Covid-19, percezione del rischio e problemi ambientali
di Liliana Cori e Fabrizio Bianchi 13

RITRATTO DI FAMIGLIA
Salamandridae
di Giovanni Scillitani 19

FOCUS: EMERGENZA AMBIENTE
Ambiente, un delicato equilibrio
di Vincenzo Terreni 25
Ambientalismi di ieri e di oggi: continuità e nuove prospettive
di Elena Gagliasso e Sara Campanella 31
Cartolarizzare l'aria
di Paolo Cacciari 37
Le discariche del "mondo avanzato": dove finisce la spazzatura elettronica
di Maria Turchetto 40
La plastica "in mostra"
di Silvia battaglini, Elena Bonaccorsi, Marco Dellacasa, Simone Farina, Marina Locritani, Silvia Merlino, Patrizia Scaglia, Chiara Sorbini 44

DOCUMENTI FOTOGRAFICI
Deforestazioni nel Borneo
foto di Stefano Piazzini 51

UNO SCATTO ALLA NATURA
Una sintetica catena
di Stefano Piazzini 53

CONTRIBUTI
Giuseppe Levi, le balene, il pesce luna e i gangli cerebrospinali (seconda parte)
di Marco Piccolino e Antonio Barasa 55
Questioni di genere in ambito scientifico
di Antonella Cecchettini 65
Le neuroscienze nella Bibbia e nel Talmud (seconda parte)
di Moshe Feinsod 74
Il compito dell'archeo-genetica e la questione delle differenze biologiche secondo David Reich
di Tomaso Di Fraia 80

FARE SCUOLA
Si può fare educazione scientifica alla scuola dell'infanzia
di Silvia Caravita 86

Prepararsi al risveglio scientifico

Marcello Buiatti

Il testo di Marcello Buiatti che qui pubblichiamo è parte di un lungo articolo del dicembre 1997, intitolato Buon compleanno *e dedicato a* Naturalmente *nel decimo anniversario della rivista. Le critiche e le preoccupazioni espresse allora sono, purtroppo, ancora attuali – ma dev'esserlo anche la speranza in un "risveglio scientifico" del nostro Paese. L'articolo completo è visibile su* https://www.naturalmente-scienza.it/Buon%20compleanno%20di%20Marcello%20Buiatti%20Pagine%20da%2034_1997dic.pdf

[…] In questi anni, ancor più che all'epoca della prima "rivoluzione industriale" della biologia, quella farmaceutica del secondo dopoguerra, è risultato chiaro a tutti che le scoperte delle scienze della vita hanno dato origine tecnologie in grado di incidere anche violentemente sull'economia, sull'ambiente, sulla salute umana, perfino sul modo che l'umanità ha di concepire se stessa, sulla dignità, libertà e coscienza individuale. […] Questa è una sensazione diffusa, ma da una serie di segnali appare che il livello di razionalizzazione di quanto avviene sia ancora molto basso e che soprattutto la discussione tenda a svolgersi sugli aspetti, se così si può dire, virtuali del fenomeno più che su quelli reali. Ciò deriva, da un lato, dalla "senzazionalizzazione", e quindi semplificazione, virtualizzazione di tutto da parte dei mezzi di comunicazione, ma anche, dall'altro, da una crescente incapacità (o una decrescente voglia) dei ricercatori di uscire dal particolare del proprio singolo esperimento, magari rivoluzionario, per indagarne il significato generale collegandolo agli altri e alle sue implicazioni per la visione del mondo e di noi stessi e per gli effetti possibili delle sue applicazioni. Ne deriva una profonda debolezza teorica che giunge fino a carenze di comprensione, da parte degli stessi ricercatori, di quanto stanno facendo. […]

Se questo è il quadro, non incoraggiante, "all'interno" della scienza, ne discende che pochissimi sono i biologi e naturalisti nel nostro Paese che vanno oltre l'analisi dei propri e altrui risultati addentrandosi nella valutazione degli effetti possibili delle loro scoperte sulla società sia dal punto di vista concettuale che delle possibili modificazioni del mondo reale e di noi stessi. E d'altra parte questo è un campo, a mio parere, non solo interessante ma direi di doveroso interesse per chiunque faccia il biologo sperimentale in prima persona. Sul piano delle idee non è la stessa cosa, infatti, affermare che il nostro cervello è fatto di elementi non comunicanti, che le funzioni sono interamente localizzate in modo additivo o dire invece che si tratta di una rete interattiva capace di ridondanza e funzioni "vicarianti", di cui è fondamentale conoscere le regole complessive oltre a quelle parziali. Come ha effetti molto diversi affermare che i nostri comportamenti sono tutti predeterminati alla nascita o invece che sono funzione complessa della nostra storia di vita o, ancora, pensare che l'economia è parte dell'ambiente e viceversa, o considerare i due sistemi come entità separate e non comunicanti. Ancora più ovvio diventa poi il discorso al secondo livello, quello delle modificazioni materiali degli esseri viventi incluso l'uomo attraverso le moderne biotecnologie e quello della modificazione della nostra società con l'istituzione della brevettabilità della vita e i suoi riflessi sulla fame nel mondo, sui rapporti Nord-Sud, su pezzi consistenti della nostra scala di valori. Su molti di questi problemi si contano su poco più delle dita delle mani i biologi e naturalisti che intendono "sporcarsi" con il dibattito, acceso ed estremamente importante, in atto su queste questioni nel nostro Paese.

Tutto viene quindi lasciato, e senza, si badi bene, alcuna colpa da parte loro, a studiosi, come si dice, di discipline umanistiche e poi, com'è ovvio ed anche giusto, ai politici. Le decisioni prese, di conseguenza, sono molto emotive, impulsive e,

anche quando sono giuste, incapaci di sollecitare il dibattito fra la gente, sempre più spaesata e diseducata.
Siamo così giunti all'area che più interessa, per "deformazione professionale" a *Naturalmente*: quella della divulgazione ragionata, dell'istruzione e della formazione.
È In quest'area che si gioca, come sempre, gran parte del nostro futuro perché è da qui che dovrebbero partire, per ragioni istituzionali, lo stimolo al pensiero in genere e alle sue applicazioni alle scienze biologiche e naturali di cui, credo, abbiamo urgente bisogno.
Senza entrare in un gioco di definizioni che certo non mi compete, credo che si possa dire con certezza di non sbagliare di molto che funzioni del pensiero sono, senz'altro, la descrizione, ma anche e soprattutto la ricerca di collegamenti fra le osservazioni alla ricerca di regole (le "caratteristiche emergenti" dei sistemi complessi) non desumibili dalla pura analisi delle singole serie di dati. Pensare ciò non significa riempirsi la testa di nozioni ma comprenderle organizzandole in una struttura logica che ci permetta di estrapolare, prevedere e anche "inventare", prendere decisioni, muoverci in avanti con l'uso di tutte le facoltà che il nostro cervello possiede. Educare vuole allora dire stimolare a questo tipo di esercizio mentale a partire, naturalmente, dalla accumulazione di conoscenze, le più aggiornate possibili. Tutto questo richiede una serie di requisiti, al momento, ahimè, ben poco presenti nelle nostre istituzioni formative, ivi comprese […] quelle della ricerca e dell'università. […]
Mentre si riducono infatti gli investimenti nella ricerca e sviluppo, scompaiono quelli per la ricerca di base, vengono di fatto ridotte le ore di insegnamento e soprattutto di sperimentazione in tutta l'area scientifica e proliferano invece corsi e corsetti teoricamente professionalizzanti che addestrano nel migliore dei casi all'uso di pezzetti di conoscenza avulsi da ogni preparazione di base e, oserei dire, di educazione del pensiero.
Ne deriva che la scarsa e decrescente importanza delle scienze nella nostra cultura non è colpa di una discriminazione effettuata dalla componente umanistica ma deriva da una realtà sociale ed economica che travalica il problema delle due culture. È infatti facile profezia dire che da questo "sonno scientifico" saremo risvegliati fra non molto non foss'altro per la debolezza economica che ne deriva. Alcuni segni premonitori di questo risveglio sono il risorgere di interessi interdisciplinari e la richiesta ormai pressante di conoscenza che al mondo scientifico viene da quello umanistico, alcuni deboli segni di risveglio polemico di gruppi di ricercatori, la stessa discussione sulla bioetica, e il desiderio inespresso, esistente fra i docenti della scuola, di discutere criticamente le nostre discipline per insegnarle in modo nuovo ed adeguato. Certo le condizioni oggettive per la ripresa sono estremamente difficili ma necessariamente cambieranno e comunque non sono dovute a un qualche maligno istinto persecutorio nei nostri confronti ma a uno "spirito del tempo" che, al momento, ci è sfavorevole.
[…]
Probabilmente proprio la scuola è l'area più cosciente dei problemi e più capace di riattivare la domanda verso l'accademia e l'offerta verso gli alunni e la gente in generale di conoscenza ragionata. […] Su *Naturalmente*, che questa linea ha sempre perseguito, mi piacerebbe vedere più articoli "cattivi" sul vicolo cieco in cui ci stiamo muovendo, più sollecitazioni all'università e alla ricerca sull'importanza della formazione e sulla necessità di iniziare una seria autocritica dei comportamenti e del modo in cui vengono offerte le conoscenze. Questo per preparare i giovani in tutte le sedi di insegnamento ad affrontare il risveglio con intelligenza e razionalità e a ripensare al futuro in termini concreti tenendo conto che le società non sono mai statiche né definitive, ma si muovono ed è realmente possibile, ora come sempre, intervenire per cambiarle. ●

Marcello Buiatti, professore ordinario di Genetica presso l'Università di Firenze, è autore di oltre 200 pubblicazioni, in gran parte su riviste e in volumi internazionali; ha scritto due volumi di *Genetica*, uno di testo (Sansoni Editore 1984) e uno di divulgazione (Editori Riuniti 1989); ricordiamo inoltre tra le sue pubblicazioni *Lo Stato vivente della materia* (UTET 2001), *Il benevolo disordine della vita* (UTET 2004) e, in collaborazione con S. Beccastrini, *Fra natura e cultura* (La Nuova Italia 2001).

Effetti collaterali della vita

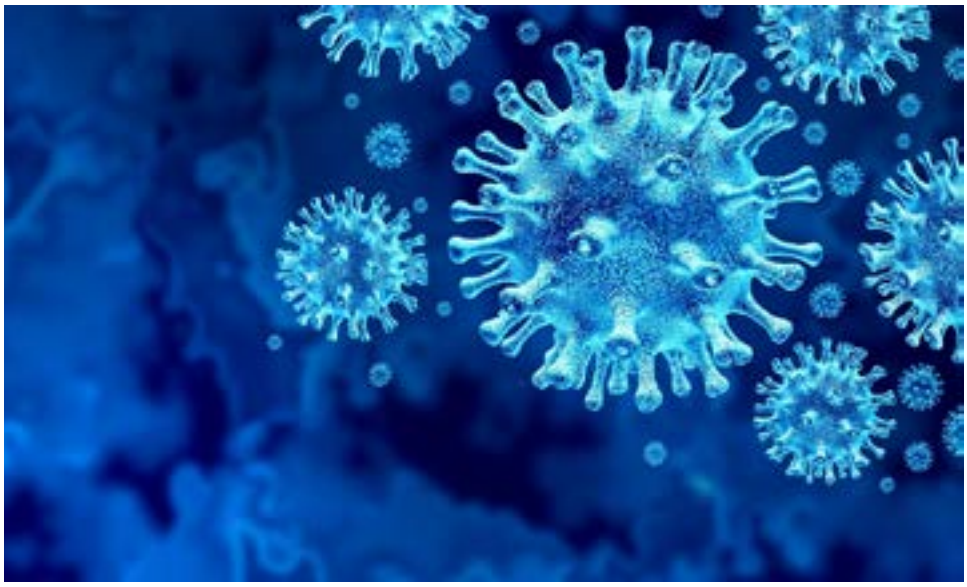
2ª parte*

Fabio Fantini

Nella battaglia evolutiva contro i virus, che dura da almeno tre miliardi di anni, gli *ospiti* - praticamente tutti i sistemi viventi - hanno messo a punto diverse strategie difensive. Gli organismi pluricellulari hanno sviluppato la difesa sistemica che prende il nome di *immunità*, di cui l'articolo illustra i principali meccanismi. Le strategie difensive degli organismi unicellulari, che si basano invece su enzimi che scindono i legami tra nucleotidi, hanno avuto "effetti collaterali" di non poca importanza per l'uomo, fornendo ai biologi le "forbici molecolari" oggi essenziali nell'ingegneria genetica. Come tutte le relazioni nella biosfera, anche quella tra virus e loro ospiti agisce su molti piani diversi e implica aspetti così differenziati e articolati che sarebbe riduttivo valutarla solo dal punto di vista del *mors tua vita mea*. Si tratta piuttosto di un "inseguimento" coevolutivo in cui "chi si ferma è perduto".

Virus contro tutti

Tra i virus e i loro ospiti è in corso una battaglia evolutiva che dura, senza esclusione di colpi, da almeno tre miliardi di anni. A volere sintetizzare questa battaglia con una frase a effetto, si potrebbe scrivere "Virus contro tutti", perché nel termine *ospiti* rientrano praticamente tutti i sistemi viventi. L'infezione virale rappresenta una specie di corto circuito metabolico. Infatti, l'informazione biologica virale produce copie fisiche di se stessa senza provvedere ai processi di sintesi né di approvvigionamento dei materiali necessari. L'intero processo, che fa a meno della laboriosa fase di produzione delle molecole biologiche, è rapido ed efficace, due aggettivi che sono sinonimo di successo evolutivo. Se non fosse per il non trascurabile dettaglio che i virus hanno bisogno di ospiti dotati di metabolismo, la biosfera potrebbe tranquillamente essere costituita di soli virus. Archei e batteri, piante e animali, protisti e funghi non sono rimasti passivi di fronte alle aggressioni virali e tutti hanno evoluto strategie di difesa.



* La prima parte dell'articolo è stata pubblicata nel n. 0 di Naturalmente scienza www.naturalmentescienza.it/NATrivista/2020-7-NATrivista_0.pdf

L'immunità

Gli organismi pluricellulari hanno sviluppato contro gli agenti patogeni una difesa sistemica che prende il nome di *immunità*. L'aspetto sostanziale della difesa immunitaria consiste nella distinzione tra sé e non sé, una distinzione che avviene a diversi livelli e con diversi gradi di accuratezza, ma che è in ogni caso basata sul riconoscimento della individualità delle macromolecole eteropolimeriche, in particolare delle proteine.

Nei vertebrati, il cui sistema immunitario merita probabilmente il primo posto nella classifica della complessità e dell'efficienza, le difese dai patogeni sono affidate a due livelli di intervento. Il primo livello è rappresentato dall'immunità chiamata *innata*, che agisce in modo sempre identico, indipendentemente dal tipo di patogeno incontrato. Si tratta del tipo di risposta immunitaria responsabile, per esempio, dell'arrossamento e del gonfiore che si sviluppano intorno a una escoriazione della pelle (fig. 1). Il secondo livello consiste nell'immunità chiamata *specifica*, in grado di reagire in modo particolare e determinato nei confronti di uno specifico agente patogeno. È il tipo di risposta immunitaria che ci consente di debellare un'infezione dopo un periodo più o meno lungo di malattia e che può essere sollecitata dai vaccini o aiutata dai sieri.

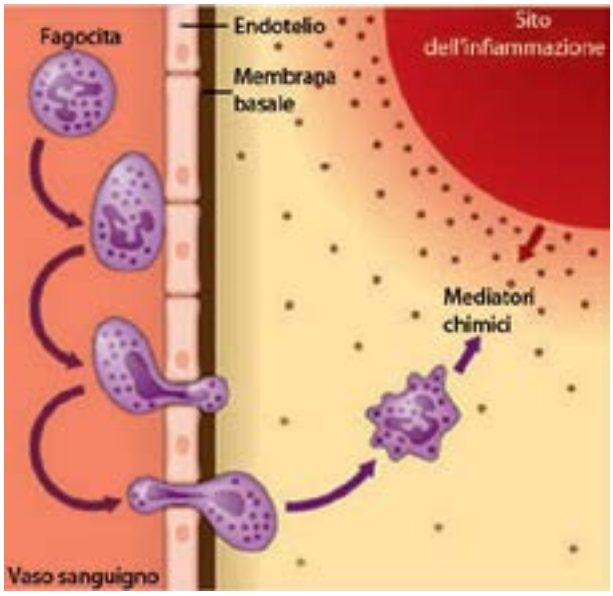


Figura 1. La risposta infiammatoria è attivata da molecole segnalatrici, mediatori chimici che provocano l'afflusso dei fagociti dai vasi sanguigni. I fagociti attaccano, senza distinzione e con modesta efficienza tutto ciò che individuano come non sé (da Fantini, Monesi, Piazzini, *Le grandi idee della biologia*, Ferrara, Italo Bovolenta Editore, 2005).

Non intendo sovraffaticare il lettore con analitiche descrizioni del sistema immunitario, mi limiterò a descrivere le diverse modalità di azione dei due livelli di risposta immunitaria attraverso una metafora. Immaginiamo di essere infastiditi da un moscerino che ci svolazza intorno. Un modo di allontanarlo consiste nell'agitare un braccio nelle vicinanze del punto in cui percepiamo il fastidioso ronzio, magari senza guardare con attenzione, perché non vogliamo distrarci da qualche altra attività per noi più importante. La risposta fornita in questo caso è generica e non ben mirata, ma può essere utile per allontanare il moscerino e magari anche qualche altro insetto ronzante nei dintorni. Un modo più efficace, anche se più impegnativo, di eliminare il fastidio consiste nel concentrarci sul moscerino, seguirne il volo per qualche secondo in modo da prevederne la futura posizione e poi comprimerlo violentemente con un energico battito di mani. Questa volta si tratta di un'azione specificamente mirata, più impegnativa dal punto di vista delle risorse impiegate ma anche con maggiori probabilità di successo duraturo. L'immunità specifica di fatto "prende di mira" il proprio obiettivo, che d'ora in poi chiamerò con il nome usato in immunologia, cioè antigene, e produce proteine adatte a contrastarlo. Per attenerci ancora alla terminologia immunologica, queste proteine sono gli anticorpi. Il sistema immunitario deve essere preparato ad affrontare qualsiasi antigene con la produzione dell'anticorpo specifico. Non pensate, però,

che ciò implichi la presenza, nelle cellule del sistema immunitario, di un repertorio completo di ogni possibile antigene, con l'indicazione del relativo anticorpo da produrre quando lo si incontra. Si tratterebbe di una strategia apparentemente semplice, un po' come consultare alla voce "Risoluzione di problemi" il manuale di istruzioni di un apparecchio che non funziona: cercheremmo nell'elenco delle possibili disfunzioni quella che corrisponde al nostro problema e adotteremmo la procedura consigliata. Nelle cellule del sistema immunitario non va però così, anche perché la varietà degli antigeni possibili è sconfinata. L'immagazzinamento dell'informazione necessaria per codificare tutti i possibili anticorpi richiederebbe una quantità di memoria che eccede largamente quella disponibile nel nostro genoma, una miseria di circa 2 GB. E tenete presente quante altre cose occorre fare, con l'informazione contenuta nel DNA, oltre che essere preparati a contrastare gli antigeni. Se non si può essere istruiti in anticipo, c'è una sola alternativa: apprendere. Infatti, ogni volta che il sistema immunitario entra in contatto con un antigene, inizia una frenetica produzione casuale di anticorpi di tanti tipi diversi, fino a che non si riesce a produrre un anticorpo competente, capace di reagire con l'antigene. La cellula che produce l'anticorpo competente forma copie di se stessa, cioè un clone di cellule tutte uguali che sfornano senza interruzione l'anticorpo adatto. Per l'agente patogeno a questo punto è finita, si potrà pensare fregandosi le mani. Sì e no, dipende da un paio di dettagli: quanto tempo è stato impiegato per produrre l'anticorpo competente e quanti danni ha fatto l'aggressore nel frattempo. Ogni infezione rappresenta per il sistema immunitario una frenetica lotta contro il tempo, una corsa che costituisce spesso una vera e propria questione di vita o di morte. Farmaci antibiotici e antivirali spostano l'equilibrio di questa lotta a nostro favore, perché interferiscono con i processi riproduttivi di batteri e virus, rallentano la loro moltiplicazione e ci permettono di avere più tempo per rispondere in modo adeguato. L'immunità specifica consiste di un sistema di difesa tanto intelligente quanto i più sofisticati programmi di Intelligenza Artificiale di cui attualmente possiamo disporre. È infatti capace di produrre un repertorio quasi illimitato di anticorpi specifici grazie a processi selettivi basati su tentativi ed errori. Ma non basta, proprio come un elaborato software di IA il nostro sistema immunitario è capace di apprendere, perché tiene memoria degli incontri precedenti e, nel caso in cui un agente patogeno già noto penetri di nuovo nel nostro organismo, sa rispondere con moltiplicata rapidità e intensità[1].

Il modo in cui il sistema immunitario è capace di elaborare difese contro ogni possibile antigene fa ricorso alla capacità combinatoria di alcuni tratti del genoma. La presenza di un antigene causa la produzione di molte cellule produttrici di anticorpi, i linfociti. In ogni linfocita alcuni tratti mobili del DNA si assemblano casualmente per ottenere una fra le tante possibili combinazioni, che poi sono trascritte e tradotte con la produzione di una enorme varietà di anticorpi diversi. Il riarrangiamento casuale dei tratti del genoma che codificano per gli anticorpi è paragonabile al rimescolamento di un mazzo di carte, che ogni volta produce una sequenza diversa dalle altre (fig. 2).

È intuibile che una difesa immunitaria articolata e complessa come quella dei vertebrati non può essere attuata da organismi unicellulari. Ciò non significa, però, che gli organismi unicellulari siano alla mercé dei virus. Rivolgerò la mia attenzione, e spero anche quella dei lettori, alle difese antivirali dei batteri, perché questi organismi hanno perfezionato un sistema di difesa diretto e radicale, non privo a sua volta di imprevisti

1. Mi permetto una nota marginale: trenta anni fa avrei potuto usare il sistema immunitario come metafora per spiegare il funzionamento dell'IA, mentre oggi faccio esattamente il contrario. Segno dei tempi!

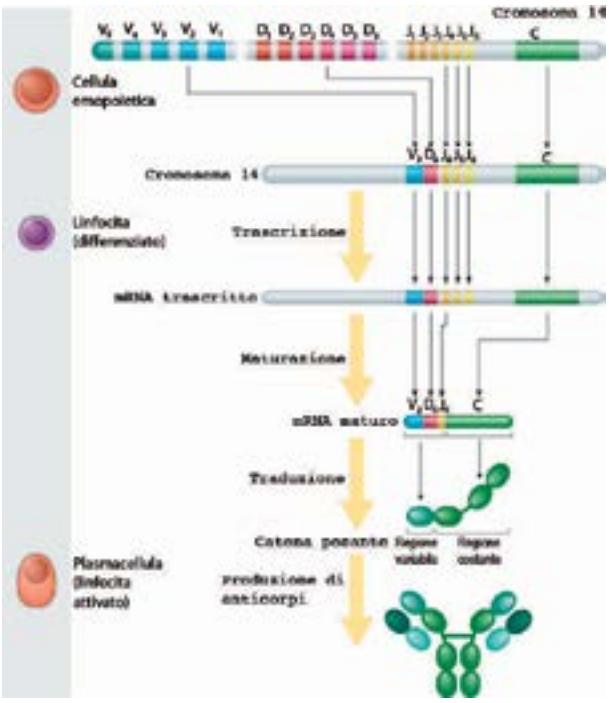


Figura 2. Gli anticorpi sono formati da catene proteiche codificate da tratti del cromosoma 14. Le cellule emopoietiche progenitrici dei linfociti, cellule della difesa immunitaria specifica, possiedono l'intero repertorio di segmenti di DNA impiegabili nella sintesi degli anticorpi, indicati in figura con le sigle indicizzate V, D, J, C. Durante il processo di maturazione avviene la selezione casuale di alcuni di questi segmenti, avvicinati grazie a rimaneggiamenti del DNA a formare una sequenza continua che, trascritta e maturata, è tradotta in una sequenza polipeptidica con caratteristiche originali, diverse da cellula a cellula. Ogni anticorpo è attivo solo nei confronti di antigeni che si adattino alla sua struttura (da Fantini, Monesi, Piazzini, *Le grandi idee della biologia*, Ferrara, Italo Bovolenta Editore, 2005). .

effetti collaterali per noi umani. I virus parassiti dei batteri, noti con il nome di batteriofagi, sono combattuti da una importante classe di proteine batteriche, gli enzimi di restrizione. Si tratta di enzimi idrolitici appartenenti al gruppo delle endonucleasi, che scindono i legami tra nucleotidi dello stesso filamento in entrambi i filamenti del DNA. In termini più semplici, tagliano la doppia elica del DNA in corrispondenza di particolari sequenze nucleotidiche (fig. 3A). Le *sforbiciate* degli enzimi di restrizione al DNA virale sono un intuibile impedimento al completamento del ciclo riproduttivo del virus, che viene così messo in condizioni di non nuocere. Il DNA batterico, accenno di fretta e solo per scrupolo, è protetto dall'azione delle endonucleasi grazie alla metilazione di eventuali sequenze identiche a quelle oggetto dell'attacco degli enzimi di restrizione prodotti nella cellula (fig. 3B).

Forbici molecolari

Per tornare al tema degli effetti collaterali, la scoperta delle endonucleasi ha permesso ai biologi di entrare in possesso di *forbici* molecolari, capaci di *aprire* il DNA in corrispondenza di determinate sequenze nucleotidiche. Il taglio del doppio filamento apre la strada per ardite operazioni di copia e incolla molecolari. È sufficiente mettere a contatto i frammenti *ristretti* con un tratto di DNA estraneo, contenente uno o più geni che si desidera aggiungere al genoma. Se si ha l'avvertenza di fare partecipare all'incontro enzimi del gruppo delle ligasi, il DNA estraneo forma legami con le estremità prodotte dall'enzima di restrizione e le connette, come una sorta di ponte. In questo modo, dopo avere aperto la doppia elica originaria, si inserisce un gene estraneo e, infine, le estremità dell'apertura sono di nuovo connesse. Reinserito nella cellula di provenienza, il DNA così ottenuto riprenderà a funzionare come se nulla fosse stato, aggiungendo l'espressione dei nuovi geni a quella dei geni propri dell'inconsapevole cellula. In una delle applicazioni più note di questa tecnica, la produzione industriale di insulina è garantita da stuoli di cellule batteriche *ingegnerizzate*, nel cui genoma è stato inserito il gene dell'insulina umana. Una versione aggiornata e in scala ridotta della pirateria virale, si potrebbe pensare, che noi umani chiamiamo tecnica del DNA ricombinante, incuranti di avere plagiato virus e batteri senza neanche citarli. Dai virus, infatti, abbiamo copiato l'idea di inserire frammenti di DNA estraneo nel DNA delle cellu-

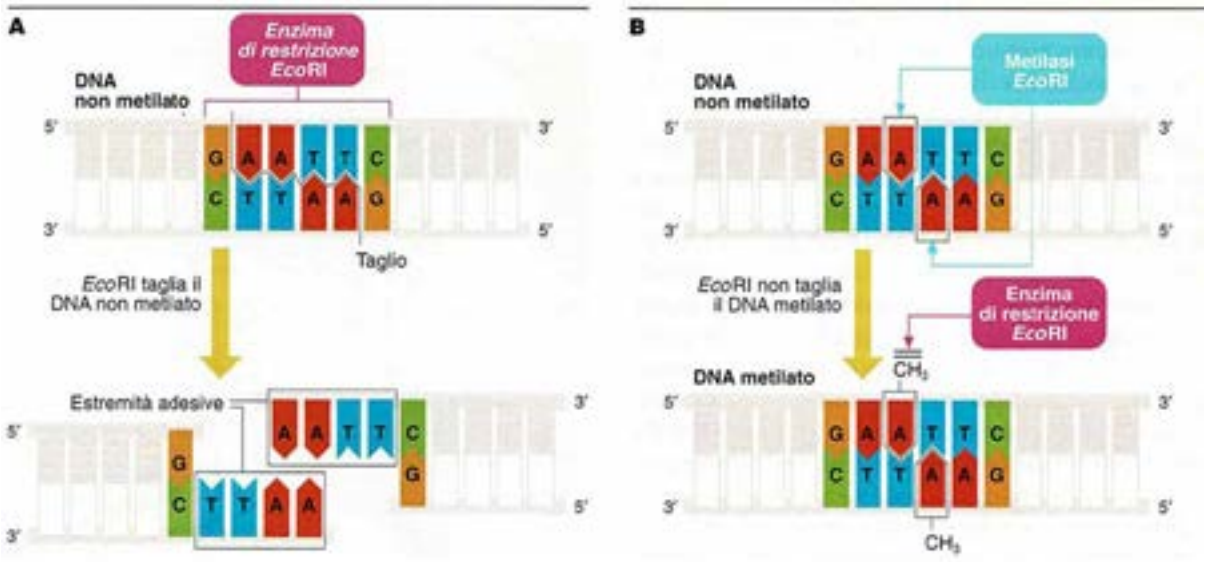


Figura 3. – (A), l'enzima di restrizione EcoR1 (sigla che rimanda alla specie batterica da cui fu isolato, *Escherichia coli*), taglia il DNA estraneo, presumibilmente virale, in corrispondenza della sequenza GAATTC (verso 5' —>3', come indicato dai numeri con apici), cui corrisponde la sequenza CTTAAG nel filamento complementare. Il legame bersaglio di EcoR1 è quello tra G e A, pertanto le estremità che si producono sono sfalsate, con una breve sequenza sporgente a filamento singolo, capace di legarsi in seguito a un opportuno filamento complementare. (B), il DNA batterico contenente la stessa sequenza attaccata da EcoR1 può essere protetto dalla restrizione mediante l'aggiunta di un gruppo metile al nucleotide adenosinico, con una reazione catalizzata dall'enzima metilasi (da Fantini, Monesi, Piazzini, *Le grandi idee della biologia*, Ferrara,Italo Bovolenta Editore, 2005).

le ospiti; dai batteri abbiamo imparato a usare enzimi di restrizione capaci di tagliare il DNA e di lasciare estremità adesive, alle quali si può legare DNA estraneo, opportunamente preparato.

A volere essere pignoli, si potrebbe ricordare un secondo effetto collaterale degli enzimi di restrizione, forse meno rilevante per l'umanità in generale ma di qualche interesse per i signori Werner Arber, Daniel Nathans e Hamilton Smith. Sono questi, infatti, i tre ricercatori cui, nel 1978, fu attribuito il Premio Nobel per la medicina in virtù della scoperta degli enzimi di restrizione.

Nel corso della propria esistenza, ciascuno di noi conduce una battaglia permanente contro i virus. Le armi con cui la battaglia è condotta sono chimiche, ma dietro la produzione di queste armi c'è una lotta ancora più fondamentale, che si basa sull'informazione biologica. Grazie alle istruzioni codificate nel loro acido nucleico, i virus producono proteine capaci di aderire ai recettori sulla superficie delle nostre cellule. I nostri linfociti, d'altra parte, costruiscono anticorpi capaci di individuare le proteine virali e di segnalare le cellule infettate ad altri linfociti cui è stato assegnato l'esplicito nome di *linfociti killer*, una denominazione che rende superflua ogni ulteriore descrizione della loro funzione. Le battaglie di cui leggiamo nei trattati di storia finiscono, in tempi più o meno brevi, con la vittoria dell'uno o dell'altro dei contendenti. La battaglia tra i virus e i loro ospiti continua senza vincitori né vinti da tempi immemorabili e non dà segno di volgere al termine. Prima di chiederci quali condottieri e quali eserciti sarebbero capaci di sostenere uno sforzo bellico così prolungato, faremmo meglio a riflettere su quanto la metafora della battaglia, per quanto suggestiva e coinvolgente, sia appropriata.

Come tutte le relazioni nella biosfera, anche quella tra virus e loro ospiti agisce su molti piani diversi e implica aspetti così differenziati e articolati che sarebbe riduttivo valutarla solo dal punto di vista del *mors tua vita mea*. La biologia ha un termine adatto per descrivere situazioni del genere: coevoluzione. Ciascuno dei gruppi di organismi che partecipano alla relazione influenza l'evoluzione dell'altro e ne è reciprocamente influenzato. Sul versante degli ospiti la selezione naturale favorisce la sopravvivenza degli individui dotati del sistema immunitario più pronto a controbattere le infezioni più comuni, cioè dotato dei tratti genici mobili capaci di produrre rapidamente le combinazioni corrispondenti alle difese efficaci. Sul versante dei virus, la selezione naturale favorisce la riproduzione degli individui capaci di eludere o sopraffare le difese immunitarie.Lo stesso meccanismo della selezione naturale, che favorisce negli ospiti la capacità di eliminare gli agenti infettivi, è responsabile dell'evoluzione di virus sempre più efficienti nel trasmettersi da un ospite all'altro e nel sorprendere le difese immunitarie dell'ospite. Chi si ferma, sempre in termini evolutivi, è perduto. Occorre cambiare rapidamente, sostituire l'ultimo "modello" con un "modello" ancora più recente e così via senza un attimo di pausa. L'evoluzione non è questione di progresso quanto di cambiamento e continuo adattamento finalizzato alla massima efficienza. Per descrivere la dinamica relazione che caratterizza gli ubiquitari fenomeni coevolutivi, alla fine del secolo scorso il biologo inglese Matt Ridley ricorse alla metafora della Regina Rossa, che nel libro di Lewis Carroll A*ttraverso lo specchio* correva all'impazzata trascinando Alice con sé per rimanere sempre nello stesso posto (fig. 4).

La chiave per rimanere a galla nel flusso inarrestabile dei fenomeni coevolutivi è la diversificazione biochimica, che a sua volta dipende dalla diversificazione dell'informazione biologica che la produce. La diversificazione dell'informazione biologica è ottenuta dai virus con la rapidità e la prolificità della riproduzione, grazie alla facilità con la quale si verificano mutazioni casuali del genoma. La riproduzione virale richiede poche ore o pochi giorni e origina un grande numero di discendenti, ciascuno dei quali può leggermente differire dagli altri. Se la battaglia si giocasse sul piano della sola variabilità legata alla riproduzione, non ci sarebbe storia, visto che gli ospiti dei virus, e i vertebrati in particolare, si riproducono con ritmi molto più blandi. Prima ancora di arrivare all'evoluzione dei sistemi immunitari, capaci di produrre una caleidoscopica varietà di combinazioni genetiche nella parte del genoma che codifica la produzione degli anticorpi, i nostri lontani antenati di oltre un miliardo di anni fa avevano già evoluto un efficace adattamento capace di garantire una maggiore variabilità dei discendenti. Questo adattamento consisteva nel rimescolare il genoma con quello di un altro individuo compatibile, per trasmettere ai discendenti un genoma diverso da quello di entrambi i genitori e anche diverso da discendente a discendente. Si tratta, come facilmente intuibile, della riproduzione sessuata, che si sarebbe affermata nella maggior parte delle specie eucariotiche, compreso quel ramo di cui noi facciamo parte. La riproduzione sessuata e il sesso con tutte le sue implicazioni evolutive, comprese quelle che lo rendono così invogliante, rappresenta in fin dei conti una ricaduta secondaria di un effetto collaterale della vita, un effetto collaterale di secondo ordine. ●

Figura 4. da Lewis Carroll, *Alice through the looking-glass*, Londra, Mcmillan, 1871.

Covid-19, percezione del rischio e problemi ambientali

Liliana Cori e
Fabrizio Bianchi

L'articolo analizza la percezione del rischio e i fattori che l'influenzano, determinando reazioni emotive e comportamenti. Viene sottolineato il ruolo della corretta comunicazione nel fronteggiare emergenze come la pandemia di Covid-19. Viene inoltre illustrata l'evoluzione della ricerca epidemiologica, dovuta sia al potenziamento delle capacità di archiviazione e di elaborazione dei dati, sia ai progressi nei campi della medicina, della biologia e della genetica. Gli studi epidemiologici di nuova generazione richiedono collaborazioni multi- e inter-disciplinari e una forte partecipazione di tutti i portatori di interesse.

Alla fine dell'estate 2020 è difficile mettere in dubbio che la percezione del rischio abbia avuto un peso nella diffusione del Covid-19, la pandemia che viene monitorata ogni giorno in tutto il modo, che ha cambiato la vita di ognuno e quella della società. Nei diversi paesi i governi hanno preso decisioni di tipo emergenziale, scegliendo misure più o meno rigide di distanziamento, di isolamento degli ambienti di vita, di chiusura di diverse attività nelle fasi della pandemia, con risultati che si valuteranno nel tempo ma che già oggi sembrano avere giocato un ruolo diverso nell'arrivo e nella forza della "seconda ondata".

Le conoscenze di base su come si diffonde il virus della SARS-COV2 sembrano acquisite, così come i consigli su come evitare il contagio, anche se diversi studi condotti con questionari stanno verificando che le conoscenze non sono univoche, e spesso i comportamenti conseguenti non sono del tutto corretti. Di fatto continuano ad accadere episodi che dimostrano che diverse persone, spesso in gruppo, non riescono a rispettare le regole della protezione e del distanziamento; in Italia si moltiplicano focolai di infezione a partire da gruppi di amanti della musica in discoteca, da tifosi esaltati dal passaggio della loro squadra in serie A, da partecipanti a celebrazio-

ni religiose e feste di vario tipo, da adolescenti naturalmente richiamati alla socialità, etc. In diversi luoghi di lavoro ci sono situazioni difficili, perché non si riescono a garantire le misure di sicurezza, e tra i lavoratori sono stati colpiti pesantemente i medici e gli infermieri, poco protetti soprattutto nel primo periodo dell'epidemia e vittime di decisioni sbagliate come la gestione degli anziani nelle residenze assistite, tanto che molte delle morti registrate sarebbero state evitabili.
Dopo circa otto mesi dall'inizio della diffusione della pandemia in Europa, i governi europei hanno preso la decisione di non bloccare la maggior parte delle attività tutte assieme, com'è successo nella prima parte dell'anno, privilegiando il mantenimento delle attività lavorative e turistiche per non aggravare ulteriormente la crisi economica. Non è scontato che questa decisione possa essere rispettata, e sarà proprio nella vita di tutti i giorni, in un ritorno alla "normalità", che si misureranno gli effetti delle decisioni, quelle politiche, che dettano le regole per tutti, assieme a quelle individuali e collettive.
La percezione del rischio conta a livello individuale e pesa a livello collettivo, dove giocano fattori più complessi, ma è rilevante anche nelle scelte politiche, che vengono prese in base alle convinzioni e alle conoscenze di coloro che in una certa fase prendono le decisioni.

La percezione del rischio

Le percezioni del rischio sono interpretazioni del mondo, si basano sulle esperienze, credenze, sui giudizi e i sentimenti, sono influenzate da fattori individuali e sociali, culturali, di contesto e istituzionali. Appare chiaro quindi che persone con ruoli e conoscenze diverse avranno percezioni e prenderanno decisioni differenti, per se stessi e per gli altri. Per comprendere ciò che succede e influenzare le decisioni in maniera consapevole è dunque molto importante la storia e la cultura dei diversi luoghi, così come la memoria che si sedimenta dei diversi avvenimenti.
Il modo in cui le persone percepiscono il rischio è oggetto di studio da molti anni, e si possono utilizzare alcune teorie per spiegare i fattori che influiscono sulla paura, che provocano il rifiuto di ammettere i problemi e i meccanismi che scatenamento le emozioni[1]. Questo serve soprattutto considerando che, oltre e dentro la pandemia, ci troviamo ad affrontare una *infodemia*, in cui la comunicazione, la circolazione vorticosa di informazioni, la costruzione di notizie false e la loro diffusione giocano quanto un virus e rischiano di provocare danni sociali profondi e di lunga durata. Il termine "infodemia" è stato usato il 15 febbraio del 2020 dall'Organizzazione Mondiale della Sanità[2], per focalizzare l'importanza della comunicazione e i rischi sociali che la diffusione di notizie false o scorrette può avere, e in effetti molti fenomeni si possono leggere in questa luce, dall'assalto ai supermercati al timore di complotti di diversa natura. È interessante notare che l'epidemia di Covid-19, da nuovo coronavirus SARS-CoV-2, è stata dichiarata "pandemia globale" l'11 di marzo successivo, quasi un mese dopo.
Insieme all'epidemia quindi si diffondeva e cresceva la paura. Nella moltitudine di interventi sui media si possono ritrovare gli ingredienti tipici delle epidemie: accuse, complotti, strumentalizzazioni, interessi oscuri, pochi personaggi che provano a tranquillizzare troppo e molti che pretendono collaborazione e razionalità di fronte a scenari complessi che nessuno riesce a conoscere in modo esaustivo. Fin da subito era chiara l'importanza delle risposte individuali dei cittadini alle misure prese dai governi per limitare il contagio, e della percezione del rischio che, con i conseguenti comportamenti, può modificare fortemente l'andamento della malattia. I risultati di una vasta serie di ricerche permettono di mettere in luce alcune caratteristiche chiave che spiega-

1. Cori L, Bianchi F, Cadum E, Anthonj C, *Risk Perception and COVID-19*. Int. J. Environ. Res. Public Health 17:3114 , 2020 https://doi.org/10.3390/ijerph17093114

2. Zaracostas J, *How to fight an infodemic*. The Lancet 395:10225, 2020 https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIS0140-6736(20)30461-X/fulltextIS0140-6736(20)30461-X/fulltext

no la percezione del rischio e la sua influenza sul processo decisionale: familiarità, controllabilità, esposizione volontaria, potenziale catastrofico, equità, immediatezza del pericolo e livello di conoscenza[3]. Secondo questo approccio, la percezione del rischio è il giudizio soggettivo che le persone creano riguardo alle caratteristiche, alla gravità e al modo in cui il rischio è gestito. Per Peter M. Sandman, psicologo e comunicatore che ha improntato la storia degli ultimi decenni in materia, uno degli elementi chiave da considerare è il senso di indignazione, *outrage*, che il rischio produce nelle persone, che moltiplica l'ansia e attraversa rapidamente la società. Sandman propone di interpretare gli atteggiamenti verso il rischio pesando le valutazioni individuali rispetto a un certo pericolo, che esiste obiettivamente e può provocare dei danni[4]. Gli elementi che aumentano o mitigano la percezione della paura e del rischio sono stati ampiamente esaminati e discussi e si dimostrano efficaci per una spiegazione dei comportamenti, per lo meno a livello degli individui[5].

Primo punto rilevante è la **volontarietà**: se il rischio è assunto volontariamente, viene percepito come meno grave. Questo è applicabile al fumo, alla guida di auto veloci e alla pratica di sport pericolosi. Se il rischio è imposto da altri, magari da forze esterne e incontrollabili viene percepito come maggiore. Il rischio di Covid-19, come di tutte le pandemie, non è solo involontario ma anche difficile da controllare da parte delle autorità sanitarie e dei governi. È solo parzialmente controllabile da parte degli individui, che possono svolgere un ruolo se non agiscono da soli ma solidalmente nella vita sociale.

La **conoscenza** è un secondo aspetto chiave: un rischio insolito viene percepito come più spaventoso rispetto a uno conosciuto. Il SARS-COV2 è stato presentato da subito come un virus sconosciuto, senza cure efficaci. Un rischio di origine naturale provoca meno paura e le teorie della cospirazione aumentano la sensazione di disagio e paura. Un rischio reversibile provoca minore ansia rispetto a un rischio irreversibile. Un rischio che comporta benefici potrebbe anche essere accettabile, come nel caso delle tecnologie o delle industrie che creano posti di lavoro o forniscono servizi, mentre incidono sulla giustizia sociale o sulla salute. Nel caso del nuovo Coronavirus, possiamo vedere come gli individui, le comunità e i paesi subiscano forti svantaggi, e la paura aumenta al crescere della diffusione e del numero di decessi tra gli infettati o letalità.

La **fiducia** è un fattore determinante: se si ha fiducia in chi gestisce il rischio, non lo si percepisce così alto. Nel caso di Covid-19, molti individui hanno alzato la voce, anche in modo opportunistico, per minare la credibilità delle istituzioni sanitarie, mentre si sono accumulati errori dovuti alla scarsa conoscenza o a valutazioni inadeguate. Una volta persa la fiducia è molto difficile riconquistarla, e quando si tratta di autorità pubbliche i rischi di disagio sociale possono essere molto forti. Le divergenze nella comunità scientifica in una situazione di emergenza possono avere effetti devastanti se permangono nel tempo e non si converge verso un consenso sui passi da compiere. Le autorità pubbliche devono prestare particolare attenzione alla condivisione delle conoscenze, alla ricerca di alleanze nella società e alla costruzione della fiducia, come elemento di coesione sociale.

La paura è quindi una caratteristica inevitabile nell'epidemia di Covid-19 e non è completamente gestibile, tanto meno con richiami generici a dominare la paura, così come non è evitabile che ci sia preoccupazione per la gestione di un problema così complesso. Il tentativo principale sembra quello di trovare sempre un nuovo colpevole e di allontanare sempre di più le responsabilità nella soluzione dei problemi.

3. Cerase A, *Rischio e Comunicazione. Teorie, modelli, problemi*, Roma, Egea, 2017.

4. Sandman R, Weinstein NE, Hallman WK, *Communications to reduce risk underestimation and overestimation*. Risk Decis. Policy 3:93–108,1998.

5. Cori L, *Se fossi una pecora verrei abbattuta?,* Trieste, Scienza Express, 2011.

Come varia la percezione del rischio

Il rischio sembra minore	Il rischio sembra maggiore
Se è volontario e controllato	Se è imposto da altri e senza possibilità di limitarlo
Se è conosciuto o è già successo in passato	Se è sconosciuto e ci sono poche informazioni
Se produce dei vantaggi	Se non ha nessun vantaggio diretto
Se si ha fiducia in chi controlla e gestisce e si viene informati	Se non si ha fiducia in chi controlla e gestisce e non si viene informati
Se ha conseguenze temporanee	Se le conseguenze durano molto tempo
Se è legato a cause naturali	Se è provocato da qualcuno
Se è uguale per tutti	Se il rischio è più alto per una parte della comunità, es. i bambini
Se le conseguenze sono reversibili	Se le conseguenze sono irreversibili

Il ruolo della comunicazione

Nel 2005 John Barry pubblicava un libro sulla temibile *influenza spagnola*, di origine aviaria, scoppiata tra il 1918 e il 1920, che si calcola abbia causato 50 milioni di morti dopo aver infettato 500 milioni di persone. "Nella prossima pandemia" scriveva Barry "che sia vicina o lontana, provocata da un virus più o meno aggressivo, l'arma più importante contro la malattia sarà un vaccino. Ma la seconda sarà la comunicazione"[6]. L'accento sulla comunicazione è sottolineato anche dall'OMS, ed è chiaro come la comunicazione sia centrale. Ma ciò che è anche opportuno notare qui è il linguaggio di tipo bellico, che in questo periodo viene dato quasi per scontato. La medicina nella sua storia ha fatto spesso ricorso nel proprio linguaggio a parole e concetti di guerra, ad esempio nell'affrontare la diffusione dell'AIDS e del cancro. I limiti e le conseguenze di un discorso basato sulla guerra contro un nemico invisibile, su armi, attacchi, trincee di difesa vanno ben considerati. Non solo limitano le soluzioni, che vengono presentate senza sfumature - dirompenti e risolutive o non esistono; ma limitano anche la capacità di osservare le diverse reazioni e potenzialità, i modi per costruire un sistema di anticorpi, inclusa la cultura, e non solo rimedi che attaccano in modo violento e reattivo. Per non parlare dei rischi insiti nel domandare ai cittadini di assoggettarsi a una disciplina militare, che non fa leva sul ragionamento, sulla solidarietà, sulla costruzione comune ma sull'obbedienza. E diventano così più comprensibili i comportamenti di collettività che si ribellano, tipicamente i giovani, che fin dall'inizio sono stati meno consapevoli dei rischi e sono sembrati anche per un certo periodo esenti da problemi di contagio e si sono perciò autovalutati a minor rischio.

Per tornare ai problemi della comunicazione, vanno affrontati i problemi della circolazione di informazioni false, o trasmesse in modo scandalistico, e di come esse circolano: si può trattare di *misinformation*, cioè di informazioni false diffuse da persone che le credono vere, o *disinformation*, cioè informazioni false diffuse di proposito da chi

6. Barry JM, *The Great Influenza*, New York, Penguin Books, 2005.

sa che sono false, in un contesto che è stato definito di post-verità[7] in cui *è più probabile che le persone accettino argomenti basati sulle loro emozioni e credenze,* piuttosto che su fatti oggettivi.

I problemi ambientali e l'evoluzione dell'epidemiologia

In questo contesto ha avuto una certa importanza anche il tema dei rapporti tra Coronavirus e ambiente, ed è possibile - alcuni lo auspicano - che tra gli effetti della pandemia ci sia la possibilità di rimettere in discussione e migliorare il modo in cui le persone si rapportano al proprio ambiente. Anche in questo caso sarà importante capire quali conoscenze maturano e filtrano nella società, e come le persone vengono chiamate alla responsabilità in modo diretto.

Il Covid-19 è una malattia infettiva o trasmissibile, basata sul passaggio di un agente infettante da un portatore a un ospite che a sua volta può trasmettere il virus ad altri soggetti. Pur essendo una malattia non direttamente causata dall'ambiente, come molte delle malattie non trasmissibili, ha legami con fattori ambientali che non possono essere trascurati. Infatti, le pandemie come SARS e Covid-19 originano in contesti caratterizzati da intensi mutamenti climatici e sconvolgimento degli ecosistemi, in cui si sono create le condizioni favorevoli per passaggi anomali di virus tra animali e animali e tra animali e persone.

Nell'origine e nella diffusione della malattia si mescolano in modo inscindibile fattori sociali e fattori ambientali, quali l'inquinamento che genera popolazioni più vulnerabili all'attacco della malattia. Poiché le cause di malattie di tipo sociale e di tipo ambientale sono strettamente collegate servono anche nuovi paradigmi per l'interpretazione[8]. L'epidemiologia può rivestire un ruolo sostanziale in tale cambio di paradigma e, come già successo più volte nella sua storia, è chiamata a una ulteriore evoluzione. Già oggi molti studi sono basati sulla misura di contaminanti su campioni biologici (sangue, latte, urina) o sulla valutazione dell'esposizione tramite modelli. Negli ultimi decenni è stata attribuita sempre maggiore importanza alla stima del rischio di malattia provocato dalle esposizioni avvenute nella prima infanzia, anche in utero e transgenerazionali[9]. D'altra parte la ricerca epidemiologica è sempre più influenzata dai progressi in altri campi, e sfrutta i notevoli progressi della tecnologia nelle scienze mediche, nella biologia e nella genetica.

Il potenziamento della capacità di elaborazione e archiviazione dei dati, insieme all'avvento della genomica e delle altre scienze –omiche, creano le condizioni per una radicale trasformazione dell'epidemiologia. Da un'epidemiologia focalizzata sulla relazione tra causa e effetto si è passati all'epidemiologia molecolare, che ha incorporato l'utilizzo di biomarcatori di esposizione, suscettibilità e malattia, avvalendosi delle conoscenze di biologia di base e di biologia dei sistemi per "svelare" i meccanismi fisiopatogenetici dell'esposizione alla malattia. Con la nascita, circa venti anni fa, delle tecnologie -omiche, queste sono state integrate negli studi, influenzando in particolare la raccolta e la gestione dei campioni. Pertanto, in alcuni degli attuali studi di coorte, campioni di sangue che erano stati preventivamente conservati sono stati analizzati per polimorfismi a singolo nucleotide ed altri marcatori con lo scopo di scoprire geni associati al rischio di malattia, compresi quelli che modificano il rischio associato agli agenti ambientali. Gli studi epidemiologici fanno sempre più ricorso all'epigenomica, proteomica, trascrittomica e metabolomica. I nuovi metodi permettono una migliore comprensione delle relazioni genotipo-fenotipo e forniscono approfondimenti sugli effetti delle interazioni tra condizioni ambientali e genotipo, e sui meccanismi eziologici delle malattie. L'uso appropriato di strumenti –omici

7. https://accademiadellacrusca.it/it/consulenza/viviamo-nellepoca-dellapostverit%C3%A0/1192postverit%C3%A0/1192

8. Krieger N, *Embodiment: a conceptual glossary for epidemiology*. J Epidemiol Community Health, 59(5):350-355, 2005; Allen LN, Feigl AB. *Reframing non communicable diseases as socially transmitted conditions.* Lancet Glob Health, 2017. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30200-0

9. Vineis P, *From John Snow to omics: the long journey of environmental epidemiology*. Eur J Epidemiol, 33:355-63, 2018.

aumenta la possibilità di una migliore comprensione su come differenti esposizioni esterne interagiscono con le molecole interne, inducendo mutazioni (genomica), causando cambiamenti epigenetici (epigenomica) o modificando l'ambiente cellulare attraverso modalità più complesse. L'esposoma, concetto coniato nel 2005 da Wild[10] se riferito alla totalità delle esposizioni dal concepimento alla morte, utilizza un approccio sistemico per comprendere il ruolo delle esposizioni esterne assieme ai fattori genetici ed epigenetici nell'insorgenza e nella progressione delle malattie. Per realizzare questi studi di nuova generazione occorre una collaborazione multi- e interdisciplinare e una forte partecipazione di tutti i portatori di interesse.

Un elemento sembra emergere con sempre maggiore chiarezza, che la transizione epidemiologica dalle malattie infettive verso le malattie cronico-degenerative non trasmissibili, che era stata pensata come acquisita per i paesi più industrializzati, debba essere riconsiderata. Malattie infettive e ambientali, probabilmente combinate tra loro, segneranno il prossimo futuro, rendendo sempre più necessario l'utilizzo di un paradigma basato sull'approccio olistico agli ecosistemi e alla biologia dei sistemi. ●

10. Wild CP, *Complementing the genome with an "Exposome": the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology*, Cancer Epidemiol Biomarkers Prev., 14:1847–50, 2005.

Nicola Anaclerio, Maria Elena Rodio
PIANTE E INSETTI
Alleanze, ostilità, inganni orchestrati dall'evoluzione
Orme Editori, 2020, pp. 160, ISBN: 8867101587

Si conoscono un milione di specie di insetti e quasi trecentomila specie di piante (inclusi muschi, licheni e felci). Si tratta nel complesso del 72% di tutte le specie viventi fino a oggi descritte e classificate. Chi ci presenta i due gruppi di organismi, come fanno Nicola Anaclerio e Maria Elena Rodio in questo libro ricco di informazioni e spunti interessanti, prende in esame un campione oltremodo rappresentativo delle forme viventi sulla Terra. I due Autori, illustrando cosa fanno insieme piante e insetti, riescono a definire un quadro vasto e pressoché esaustivo delle relazioni tra gli organismi. Perché nelle relazioni tra piante e insetti troviamo tutto l'incredibile concerto di trame ecologiche che caratterizza la biosfera. E interessarsi delle relazioni ecologiche, che possono esprimersi in alleanze, ostilità o inganni, significa veramente decifrare, comprendere, apprezzare, interiorizzare e, alla fine, amare le reti che interconnettono gli organismi negli ecosistemi. Per un insegnante di Scienze Naturali è fondamentale entrare in una connessione empatica con gli organismi di un prato, di un bosco, di un giardino, e lo studio proposto dagli Autori sulle relazioni tra insetti e piante è lo strumento migliore per riuscirci. Il tutto sostenuto e corroborato dalla linfa del pensiero evoluzionistico, con citazioni dirette dei lavori di Darwin sull'argomento. A conclusione del libro, per rendere ancora più coinvolgente e complessa la rete ecologica di connessioni, viene inserita la variabile antropica. L'uomo piega i componenti degli ecosistemi alle proprie esigenze, trovandosi poi a stabilire nuove alleanze e nuove ostilità con piante e insetti, a seconda delle convenienze. Sono analizzati casi dolorosi come quello della *Xylella*, ma alla fine il libro si conclude con esempi vantaggiosi di relazioni triangolari piante-insetti-uomo.

Stefano Piazzini

ritratto di famiglia

Salamandridae

Giovanni Scillitani

Figura 1. Salamandra pezzata, *Salamandra salamandra gigliolii* della Calabria (foto: Marco Guglielmi)

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. Le famiglie, a loro volta, soprattutto se contengono generi molto diversificati, possono essere suddivise in sottofamiglie. È il caso di questo "ritratto", dedicato ai Salamandridae, la famiglia che raccoglie salamandre e tritoni.

I **Salamandridae** sono una vasta famiglia di Anfibi Caudati che comprende 126 specie viventi diffuse prevalentemente in Eurasia, con alcuni rappresentanti presenti anche in Nordafrica e Nordamerica. Come tutti i Caudati, gli adulti hanno un corpo allungato, una coda evidente e quattro zampe di lunghezza simile. Le specie si possono ricondurre a due tipi morfologici principali, salamandre e tritoni. Le salamandre, ripartite nelle due sottofamiglie dei Salamandrinae (16 specie) e Salamandrininae (due specie) sono animali con coda cilindrica e costumi prevalentemente terrestri. I tritoni, inclusi nella sottofamiglia Pleurodelinae (118 specie), presentano coda generalmente compressa lateralmente e nel loro ciclo alternano fasi terrestri e acquatiche.

Le salamandre tipiche appartengono alla sottofamiglia **Salamandrinae**, diffusa in Europa, Nordafrica e Asia Occidentale. Il genere più noto è *Salamandra*, le cui otto specie hanno colore di fondo nero con chiazze gialle (di solito assenti nelle specie *S. atra* e *S. lanzai*). Tale colorazione ha funzione aposematica, cioè di avvertimento per i predatori. Molti Salamandridi, infatti, secernono tossine cutanee che li rendono velenosi e quindi immangiabili. Le ghiandole tossiche si distribuiscono lungo il corpo o ai lati del capo, formando due grandi strutture dette parotidi. La specie più diffusa è la salamandra pezzata, *S. salamandra* (fig. 1), che vive nei sottoboschi umidi, rifugiandosi nelle ore più calde sotto le pietre o i tronchi. In Italia è abbastanza comune lungo l'arco alpino e appenninico centro-settentrionale, diventando più rara nell'Italia meridionale. L'affine salamandra alpina, *S. atra*, vive lungo l'arco alpino e sui Monti Dinarici e ha livrea completamente nera, ad eccezione di alcune popolazioni del Veneto e del Trentino che hanno chiazze gialle. Di recente, alcune popolazioni delle Alpi occidentali sono state ascritte ad una nuova specie, la salamandra di Lanza, *S. lanzai*. Nei boschi temperati e nelle macchie lungo le coste della Turchia sudoccidentale e nelle isole dell'Egeo vivono le salamandre di Licia (genere *Lyciasalamandra*, con sette specie). L'affine salamandra del Caucaso, *Mertensiella caucasica*, si trova invece in Turchia nordorientale e in Georgia. Nei sottoboschi umidi della Penisola Iberica nordoccidentale, infine, si trova la chioglossa, *Chioglossa lusitanica*, specie molto slanciata dalla lunga coda che può staccarsi in caso di aggressione, come capita nelle lucertole. Questa specie ha polmoni ridotti ed effettua gli scambi gassosi direttamente attraverso la pelle.

La sottofamiglia **Salamandrininae** include un solo genere, *Salamandrina,* con due specie, *S. perspicillata* e *S. terdigitata*, endemiche della Penisola Italiana. Le salamandrine hanno una colorazione dorsale prevalentemente grigia, con una striscia bianca tra gli occhi che richiama un paio di occhiali (da cui il nome comune di "salamandrina dagli occhiali"), mentre ventralmente presentano una vivace colorazione rossa sulla coda e sugli arti, che mostrano ai predatori inarcando la coda sul dorso (fig. 2). Anche in questo caso si tratta di una colorazione aposematica per avvertire della propria tossicità. La sottofamiglia **Pleurodelinae** comprende gli animali comunemente detti tritoni, con oltre cento specie ripartite tra 16 generi che frequentano gli habitat palustri. Nella Penisola Iberica centromeridionale e in Nordafrica si trovano i grandi

Figura 2. Salamandrina dagli occhiali, *Salamandrina terdigitata*, della Basilicata, in visione dorsale (a sinistra) e ventrale (a destra). (foto: Marco Guglielmi)

tritoni del genere *Pleurodeles*, caratterizzati da pelle granulosa e costole con estremità che sporgono dai lati del corpo. In Asia sudorientale vi sono i generi affini *Echinotriton e Tylotriton*, anch'essi con sporgenze ai lati del corpo, formate stavolta dalle vertebre. A causa del corpo tozzo e appiattito, le specie di *Tylotriton* sono anche chiamate "tritoni coccodrillo". Le specie di tritoni europee e dell'Asia occidentale erano un tempo ascritte all'unico genere *Triturus*, ma recenti ricerche genetiche li hanno suddivisi in numerosi generi. Nel genere *Triturus* attualmente rientrano nove specie di taglia medio-grande, dette comunemente "tritoni crestati", perché il maschio è munito di una cresta dentellata. La specie più diffusa e comune è *T. cristatus.* In Italia la specie più comune è invece *T. carnifex* (fig. 4), presente in numerosi habitat di acque interne con l'eccezione della Calabria centromeridonale e della Sicilia. Al genere *Lissotriton* appartengono dieci specie di tritoni di piccola taglia, tra cui il comune tritone punteggiato, *L. vulgaris* e il tritone italico, *L. italicus*, endemico dell'Italia centromeridionale (fig.3). Nell'area pirenaica sono invece diffuse le due specie del genere *Calotriton*, mentre in Asia occidentale vi sono le specie dei generi *Ommatotriton* e *Neurergus*. Il genere *Euproctus* ha due sole specie, endemiche della Corsica (*E. platicephalus*) e della Sardegna (*E. sardus*). Ampia diffusione europea ha anche il tritone alpestre, *Ichthyosaura alpestris,* cui sono affini quattro generi diffusi in Cina, Vietnam e Giappone: *Cynops, Laotriton, Pachytriton e Paramesotriton*. I *Cynops* sono chiamati anche "tritoni di fuoco" a causa della vivace colorazione rosso-arancio del ventre (sempre a funzione aposematica). I *Pachytriton* vivono in acque correnti ed hanno una coda muscolosa slargata all'estremità, simile a un remo, per nuotare nelle acque impetuose. Infine, i Pleurodelini sono rappresentati anche in Nordamerica dai generi *Taricha* (quattro specie diffuse lungo la costa del Pacifico) e *Notophtalmus* (tre specie diffuse nelle aree orientali di Canada, Stati Uniti e Messico).

I Salamandridae sono carnivori e predano qualsiasi animale, terrestre o acquatico di dimensioni appropriate, inclusi gli esemplari più piccoli della propria specie. A loro volta, hanno numerosi pre-

Figura 3. Femmina di tritone italico, *Lissotriton italicus* della Puglia (Foto: Giovanni Scillitani)

datori, dai quali si difendono spesso nascondendosi durante il giorno e concentrando le attività nelle ore notturne. Come si è già detto, molte specie hanno secrezioni cutanee tossiche: le *Taricha* e i *Notophthalmus* producono la tetrodotossina, la stessa sostanza rilasciata dai pesci palla, in grado di bloccare la trasmissione nervosa. Per l'uomo queste tossine sono pericolose solo se sono ingerite, per cui il semplice contatto con la pelle non produce danni. Oltre alle tossine, la pelle dei Salamandridi secerne muco che protegge dal disseccamento, dagli urti, dall'attrito durante il nuoto ed è pure antibatterico. In epoca riproduttiva il tegumento dei maschi secerne anche feromoni, sostanze che inducono la femmina alla riproduzione.

I **comportamenti riproduttivi** dei Salamandridi sono complessi. Il corteggiamento delle salamandre si svolge al suolo. In epoca riproduttiva, il maschio va in cerca di una femmina e quando la trova esegue una complessa danza di corteggiamento che consiste nell'infilarsi sotto la femmina, sollevarla e trasportarla. Infine, il maschio depone una spermatofora contenente gli spermi e vi colloca sopra la femmina in modo che essa la raccolga con l'apertura cloacale, introducendola nelle vie genitali per fecondare le uova. Nei tritoni le danze di corteggiamento avvengono in acqua. Il maschio ondula la coda sul fianco per produrre una corrente che trasporta i feromoni verso la femmina, poi si allontana. Se la femmina lo segue, il maschio depone una spermatofora. La femmina la raccoglie con la cloaca e la introduce nelle vie genitali per la fecondazione. I maschi di diverse specie di tritoni delimitano un territorio, chiamato lek, da cui cacciano gli altri maschi. Al passaggio di una femmina, essi danzano per convincerla a entrare nel lek per la fecondazione, ma se essa va via non la seguono e aspettano un'altra femmina. In molte specie i maschi sviluppano una vistosa livrea riproduttiva con creste dorsali e caudali a colori vivaci (fig. 4). La selezione naturale favorisce nelle femmine la scelta dei maschi più belli. La bellezza è infatti segno di buona salute e, quindi,

Figura 4. Maschio (sopra) e femmina (sotto) di tritone crestato, *Triturus carnifex* della Puglia (foto: Giovanni Scillitani)

di geni efficienti che garantiscono una migliore sopravvivenza; dunque le femmine che scelgono questi maschi hanno maggiori probabilità di successo riproduttivo. Tra i tritoni però è noto anche il caso di maschi detti satelliti. Essi sviluppano una livrea femminile, a differenza dei maschi principali che sono in questo modo ingannati e non li scacciano. Quando arriva una femmina, il satellite può così intrufolarsi, fecondandola al posto del maschio principale. Dopo la fecondazione, le femmine cercano un luogo idoneo per la deposizione. In molti casi questa avviene in acqua e le uova sono ancorate sul fondo, a rocce o piante galleggianti.

Alcuni Salamandrini sono vivipari, per cui la fase dello sviluppo dell'uovo avviene all'interno del corpo della madre che partorisce prole viva. Non tutti i piccoli sono destinati a nascere: durante lo sviluppo alcuni servono da cibo ai fratelli, un fenomeno noto come adelfofagia. In genere, dall'uovo emerge una larva munita di branchie che conduce vita acquatica finché, attraverso una complessa metamorfosi, non acquisisce i caratteri dell'adulto, tra cui polmoni e zampe, per cui può abbandonare l'acqua per condurre vita terrestre. In alcune specie di tritoni è nota la **neotenia**: la larva mantiene le branchie e continua a vivere in acqua, ma raggiunge la maturità sessuale e quindi la capacità di riprodursi. Questo di solito si verifica in ambienti acquatici favorevoli con condizioni stabili, in cui il neotenico può vivere per anni. Se però le condizioni ambientali si modificano (ad esempio, il prosciugamento della pozza) l'animale completa la metamorfosi e passa alla vita terrestre, tornando all'acqua nella stagione successiva per la riproduzione. Molte specie sono fedeli al sito in cui sono nate, quindi tendono a tornarvi per la riproduzione. In alcune salamandre, come le salamandre nere e quelle di Licia, le femmine partoriscono piccoli già metamorfosati che quindi non necessitano della fase acquatica. Le salamandre nere hanno tempi di gestazione lunghissimi, fino a quattro anni.

Il termine "salamandra" è molto antico e deriva dal termine *samandar* che in sanscrito significa "acqua" e in persiano "dentro il fuoco". Secondo una diffusa leggenda, la salamandra sarebbe infatti in grado di vivere tra le fiamme senza bruciarsi. Nella mitologia celtica ciò ha dato origine alla leggenda degli elementali del fuoco, creature fatate che vivono tra le fiamme. Nel Cristianesimo la salamandra è diventata simbolo di rinascita e quindi dello stesso Cristo. All'origine della credenza vi è probabilmente l'abitudine di questi animali di rifugiarsi nei tronchi d'albero. Salamandre che uscivano da legna in fiamme hanno forse fatto pensare che esse resistano al fuoco. Plinio il Vecchio spiega che la resistenza al fuoco è dovuta alla pelle, il cui muco sarebbe tanto freddo da spegnere le fiamme. L'osservazione di salamandre nascoste tra le radici delle piante ha portato anche a ritenere che esse abbiano il compito di raccogliere il calore dal cielo e trasmetterlo ai fiori favorendo l'impollinazione.

Nella ricerca scientifica i tritoni sono un modello per gli studi di embriologia e in ecologia sono considerati buoni indicatori delle condizioni ambientali, essendo molto sensibili alle alterazioni indotte dall'uomo. Queste, purtroppo, stanno portando molte specie verso l'estinzione.

Un pericolo crescente a livello globale è rappresentato dal fungo patogeno *Batrachochytrium salamandrivorans* il cui sviluppo è favorito dall'aumento globale delle temperature e dal commercio di anfibi a scopi terraristici (fig. 5). Un'altra causa di scomparsa è la distruzione degli habitat attraverso prosciugamento e regimazione dei corpi idrici: come si è già detto, molte specie tendono a tornare a riprodursi nel luogo di nascita e se questo è stato distrutto hanno scarsa capacità di spostarsi alla ricerca di altri siti riproduttivi. In questo modo si è estinto il tritone dello Yunnan,

Cynops wolterstorffi che viveva in un solo lago cinese degradato dalle azioni umane.
Fortunatamente, la salvaguardia degli Anfibi, compresi i Salamandridi, sta diventando una priorità per molti gruppi e associazioni che si battono a livello sociale e politico per far comprendere l'importanza di questi piccoli e preziosi animali nel mantenimento della biodiversità. Tutelare gli Anfibi significa tutelare noi stessi: se essi scomparissero, dopo potrebbe toccare a noi. ●

Figura 5. Gruppo di tritoni dal ventre di fuoco, *Cynops orientalis*, esposti in vendita in pessime condizioni in un mercato di Nanchino, Cina. (Foto: Giovanni Scillitani)

Bibliografia

AmphibiaWeb, University of California, 2020, https://amphibiaweb.org

Lanza B, Bologna M, Corti C, Razzetti E (a cura di), *Amphibia*. Fauna d'Italia, 42. Bologna, Calderini, 2008.

Raffaëlli J, *Les Urodèles du Monde*, Plumelec, Penclen Édition, 2007.

Sparreboom M, *Salamanders of the Old World. The Salamanders of Europe, Asia and Northern Africa*, Zeist, KNNV Publishing, Netherlands 2014.

Karel Čapek
La guerra delle salamandre
UTET, 2009, pp. 354, EAN: 9788802080994

Non è un testo scientifico – ufficialmente è fantascientifico – ma contiene tanta e buona scienza biologica, il che è sorprendente per uno scrittore di formazione prettamente classica. Il boemo Karel Čapek (1890-1938), infatti, dopo aver studiato filosofia all'università di Praga, si dedicò alla scrittura: per i giornali, per il teatro, per la letteratura.
La guerra delle salamandre è, a detta dello stesso autore, un' "utopia romanzata" stilata in un frangente gravissimo della situazione internazionale e sul piano economico e su quello politico (iniziato nel 1935, il libro fu pubblicato l'anno successivo).
Al di là dei parallelismi tra la guerra salamandre-umani e le condizioni pre-Seconda Guerra Mondiale che costituiscono il sottinteso fil rouge dominante, qui ci interessa sottolineare la sapienza del Boemo in faccende zoologiche, sia di sistematica sia di bio-ecologia, condita di qualche spruzzatina di ironia verso i cattedratici, ciascuno dei quali unico depositario della Verità.
Čapek avevo scritto "Non pensate che l'evoluzione a cui è giunta la nostra specie sia la sola evoluzione possibile sul nostro pianeta". Frase che, sbalorditivamente, rimanda alla tesi di fondo de *La vita meravigliosa* di S.J. Gould, con mezzo secolo di anticipo.
P.S. La copertina dell'edizione italiana non rende giustizia all'opera.

Giambattista Bello

Ambiente, un delicato equilibrio

Vincenzo Terreni

La situazione attuale dell'equilibrio atmosferico della Terra è preoccupante. Ormai è condiviso non solo dalla Scienza, ma anche da molti politici dei Paesi maggiori responsabilità per quel che concerne il contributo al deteriorarsi della situazione. L'aumento esponenziale della presenza dei gas-serra derivato dall'uso di combustibili fossili non può diminuire se non con un accordo internazionale senza precedenti nella storia: i Paesi ricchi si dovranno far carico di portare al minimo la loro produzione e di mettere a punto sistemi informatici in grado di monitorare e diminuire le emissioni fino al raggiungimento di un punto vicino all'equilibrio precedente.

> *L'ambiente naturale comprende tutte le cose viventi e non viventi che si verificano in modo naturale, il che significa in questo caso non artificiale. Il termine viene spesso applicato alla Terra o ad alcune parti della Terra. Questo ambiente comprende l'interazione di tutte le specie viventi, il clima, il tempo e le risorse naturali che influenzano la sopravvivenza umana e (in maniera positiva o negativa) il ciclo vitale*[1].

Questa lunga e completa definizione di ambiente offerta da Wikipedia, a un'attenta lettura, è priva di un elemento essenziale perché la Terra funzioni come arca di vita nello spazio: il Sole che fornisce abbondante energia al nostro sistema. Dal Sole arriva quasi tutta l'energia che scalda la superficie della Terra, muove le correnti marine e tiene i gas dell'atmosfera in continuo movimento[2]. Ma soprattutto consente la fotosintesi di ogni superficie

1. https://it.wikipedia.org/wiki/Ambiente_(biologia)

2. La Terra è calda anche grazie al calore interno: un'energia molto grande che muove i continenti, ma non sembra avere un ruolo per quanto riguarda il clima.

della copertura vegetale. Energia nuova e costante, oltre a quella riserva di energia fossile che ha alimentato fino ad ora la maggior parte delle attività umane e che mette in serio dubbio l'attuale equilibrio del pianeta.
Ora la situazione climatica è ormai oltre l'emergenza: l'uomo e le sue attività hanno turbato equilibri millenari per costruire un futuro pieno di rischi. Un anno fa David Attenborough rilasciò una intervista a *Repubblica*, di seguito una citazione.
E noi cosa possiamo fare per rallentare tali fenomeni climatici?
"Se la natura subirà cambiamenti così radicali, a pagarne le conseguenze saranno i nostri valori e una buona parte del mondo civilizzato. Che cosa succederà se cinque milioni di disperati africani in fuga arriveranno nel sud Europa, vedi in Italia? Come si fa ad accoglierli tutti? Ognuno di noi dovrà fare il massimo per scongiurare questo scenario, e inquinare il meno possibile. Per fortuna, negli ultimi anni l'opinione pubblica è cambiata, in meglio. Ora abbiamo il peso specifico per mitigare questi drastici fenomeni, prima che diventino catastrofici"[3].
Il decano dei giornalisti scientifici a 93 anni non ha smesso di esplorare il pianeta e sta preparando *A Perfect Planet*, una serie in cinque puntate che mostrerà come le forze della natura, dai mari ai vulcani, contribuiscano, pur nella loro violenza, a plasmare e conservare la vita sulla Terra. Questa volta considererà anche l'uomo una forza della Natura ormai in grado di provocare mutamenti improvvisi e catastrofici che potranno essere contenuti solo se ci sarà una intesa tra le politiche dei maggiori paesi del mondo. Al termine del 2019, dai microfoni della BBC Attenborough ha lasciato il testimone a Greta Thunberg riconoscendo che "ha ottenuto risultati che noi abbiamo inseguito, fallendo, negli ultimi venti anni: ha scosso il mondo"[4].

Antropocene
Una rapida ricerca su Chrome presenta 707.000 risultati – tra cui un lungometraggio entrato nel circuito ufficiale – per un termine comparso una trentina di anni fa e ormai affermato nel linguaggio comune e titolo di libri ponderosi e saggi specialistici. L'enciclopedia Treccani lo definisce con sicurezza: "L'epoca geologica attuale, in cui l'ambiente terrestre, nell'insieme delle sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche, viene fortemente condizionato su scala sia locale sia globale dagli effetti dell'azione umana, con particolare riferimento all'aumento delle concentrazioni di CO_2 e CH_4 nell'atmosfera"[5]. Quindi l'Olocene è finito e ora comandiamo noi. Però il dibattito tra i geologi non è ancora concluso e i gruppi di lavoro si son presi qualche lustro per lasciar decantare e rivalutare la proposta. Ad ogni modo, dal passaggio dal regime di caccia e raccolta all'agricoltura i mutamenti nell'ambiente sono diventati sempre più profondi ed estesi man mano che la popolazione degli umani aumentava insieme alle sue esigenze.
Negli ultimi secoli poi la situazione è precipitata. La costante fame di energia ha già trasformato petrolio, gpl e metano - estratti o prodotti con relativa facilità - in milioni di tonnellate di CO_2 dispersi nell'atmosfera ad aumentare una frazione rimasta stabile per centinaia di millenni. Il metano è aumentato e insieme al vapor d'acqua, N_2O, SF_6, idrofluorocarburi e perfluorocarburi: questa la lista, forse completa, delle sostanze più abbondanti in atmosfera che aumentano l'effetto serra[6]. L'uso del carbone come fonte di energia, per il

3. https://rep.repubblica.it/pwa/intervista/2019/08/17/news/david_attenborough_se_salveremo_gli_animali_salveremo_noi_e_la_terra-233756678/

4. https://www.youtube.com/watch?v=tmrFUVOOR14

5. https://treccani.it/vocabolario/ antropocene_%28Neologismi%29/

6. https://it.wikipedia.org/wiki/Gas_serra#:~:text=Sono%20chiamati%20gas%20serra%20quei,dall'atmosfera%20e%20dalle%20nuvole.

riscaldamento e per le prime macchine a vapore, continua anche ora per la produzione di energia elettrica. Secondo una ricerca[7] in Italia ci sono ancora 12 centrali a carbone funzionanti per produrre il 13,5% di energia sul totale, con una emissione di CO_2 pari al 40% del totale prodotto dal settore. Una ricerca più recente riguardante l'Europa riporta un dato confortante relativo al 2019: "per la prima volta dal 1990 le emissioni di CO_2 del settore elettrico sono calate rispetto all'anno precedente (e di un notevole 12 per cento)"[8]. Guardare l'insieme dei dati per l'Europa lascia molto perplessi: sono ancora attive decine di centrali a carbone, alcune addirittura in via di costruzione, ma anche quelle alimentate a metano non si possono continuare a definire "pulite", vista la rilevanza del metano come gas serra. Infatti l'uso del metano nelle centrali termoelettriche e nell'impiego domestico, con una rete di distribuzione non sempre esente da perdite, provoca dispersione del gas serra direttamente in atmosfera. Inoltre nella attuale situazione le emissioni di diossido di azoto e di zolfo sono più alte dei limiti imposti dall'Unione europea e assai preoccupanti per la salute.

Sembrava che la stagione del carbone fosse definitivamente conclusa, ma non è così per gli interessi economici di molti Stati europei e degli USA che ritengono politicamente vantaggioso sacrificare la salute dell'umanità per mantenere i posti di lavoro per l'estrazione del carbone. Certo ora prevalgono altri combustibili fossili: petrolio e metano, cercati ed estratti in ogni parte del pianeta ricorrendo anche a tecnologie molto sofisticate (pirolisi degli scisti bituminosi, per esempio) con un impatto ambientale ancora più pronunciato. Probabilmente restano ancora da bruciare una gran quantità di combustibili fossili, ma è certo che le condizioni climatiche in cui viviamo non sopporterebbero un ulteriore aumento di gas serra. Salta agli occhi come una aggressione all'ambiente e all'intelligenza umana il permanere di prezzi bassi per il petrolio e derivati. In quest'ultimo periodo l'apporto delle sorgenti energetiche riciclabili (fotovoltaico, eolico, solare termico, movimenti periodici del mare) ha assunto un valore confrontabile con quello delle fonti tradizionali, ma certamente si può fare molto di più, fino a sostituire completamente i combustibili fossili.

Qualche speranza più concreta sull'energia da fusione nucleare si è aperta di recente con l'avvio della costruzione di una macchina, fine prevista del montaggio 2025, che permetterà di mettere a punto il progetto di un reattore di fusione ad uso civile in grado di produrre quantità elevatissime di energia e di rendere pertanto superfluo ogni uso di fonti fossili. L'energia così ottenuta non comporterà la produzione di pericolosi radionuclidi come nelle centrali a fissione[9].

Una breve riflessione sulle cosiddette auto elettriche: quelle in circolazione, con pochissime eccezioni, sono solo ibride. Si tratta quindi di motori termici che producono la maggior potenza di spinta e un po' di elettricità per muovere i motori elettrici, questo consente un miglioramento delle prestazioni termodinamiche, ma il risparmio di gas serra non è travolgente. Un'auto media a benzina produce intorno a 140 g/km, un'auto ibrida in media ne produce circa 75 g/km. Un risparmio di circa il 50%, non male, ma si può far meglio, molto meglio. La maggior parte dei consumi deriva dalle variazioni di velocità che richiedono una potenza elevata del propulsore. La domanda da porsi è quindi: che senso ha fornire le autovetture di propulsori che utilizzano l'elettricità per migliorare le prestazioni? L'obiettivo principale

7. Dodici centrali sparse tra Liguria, Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Umbria, Lazio, Puglia e Sardegna producono elettricità bruciando carbone. Otto sono di proprietà dell'Enel, due di A2A, una della E.ON e una della Edipower. Nel 2014 hanno soddisfatto il 13,5 per cento del consumo interno lordo di energia elettrica a fronte delle emissioni di ben 39 milioni di tonnellate di CO2, circa il 40% di tutte le emissioni del sistema elettrico nazionale. Allo stesso tempo, 521 persone muoiono ogni anno per cause legate direttamente agli effetti dell'esposizione ai fumi della combustione di carbone.

8. Le emissioni di CO2 del settore elettrico sono calate rispetto all'anno precedente di un notevole 12 per cento. Fonte: https://www.lifegate.it/centrali-a-carbone-italia

9. "Ieri il più grande progetto di fusione nucleare del mondo ha iniziato la fase di assemblaggio nel sud della Francia. Fase che durerà 5 anni e che permetterà di fare passi avanti nella produzione di energia pulita su scala commerciale. E porta anche la firma italiana. Un progetto che

per un mezzo di trasporto è quello di consumare il meno possibile per un viaggio il più veloce e sicuro possibile. Ciò significa evitare velocità troppo elevate e programmare una guida regolare. Quando, grazie alla Intelligenza Artificiale, sarà possibile far dialogare le vetture tra loro, consumi e incidenti diminuiranno.

Quali prospettive

Attraversiamo un periodo particolarmente difficile e impegnativo, appena mitigato da una crescente presa di coscienza diffusa dei pericoli che stiamo correndo a causa della modificazioni che l'uomo ha portato all'ambiente in modo sempre più massiccio e incisivo, con ricadute sui molteplici e complessi equilibri del pianeta. Gli scienziati hanno evidenziato che i mutamenti climatici sono dovuti all'aumento vertiginoso dei gas serra, ma fin dai tempi dello studio *I limiti dello sviluppo*, pubblicato negli anni '70, era già ben delineato un approccio metodologico complessivo per valutare l'impatto della moderna civiltà ipertecnologica sui lenti, molteplici e complessi equilibri naturali. Molti risposero, allora e negli anni successivi, con atteggiamenti fortemente liquidatori verso una ricerca considerata allarmistica e poco credibile. Oggi, finalmente, la politica ha trovato nella scienza una fonte sicura di giudizio su come evolve un ambiente complesso. Accordi come quello di Parigi del 2015, possono essere, se sorretti da una lungimirante volontà politica, un riferimento solido, coerente ed efficace per limitare i danni e mitigare la crescita degli elementi di perturbazione fino al raggiungimento di un nuovo equilibrio non catastrofico per la nostra civiltà.

Purtroppo in questo frangente si è abbattuta la pandemia di un virus particolarmente aggressivo e imprevedibile che ha dirottato sull'emergenza le buone intenzioni di molti Paesi di cambiare rotta nell'approccio al problema dei mutamenti ambientali.

In questo periodo, presi come siamo a limitare i danni della ripresa dei contagi a causa di atteggiamenti non proprio accorti nei raduni giovanili e nell'esercitare una ritrovata libertà di movimento che rischia di riportarci a un ritorno al confinamento domestico, si parla sempre meno di modificazioni climatiche, ma alle prime alluvioni autunnali sentiremo di nuovo parlarne nei telegiornali[11].

È indispensabile che l'Europa e i Paesi tecnologicamente avanzati che possiedono grandi ricchezza si ricordino come queste ricchezze sono state accumulate a danno dei Paesi più poveri, depauperati nel periodo del colonialismo e ancora succubi di continui prelievi di risorse naturali e di terreni coltivabili.

L'accordo di Parigi prevedeva un rientro programmato nella produzione di gas serra ed aiuti mirati ai Paesi che ne avrebbero dovuto sopportare le maggiori conseguenze. Ora la situazione sembra in stallo, ma è chiaro che occorre non solo concretizzare i propositi, ma anche ridisegnare un modello di sviluppo economico che veda come prioritario il fine di ripristinare l'equilibrio del pianeta. È chiaro che ci vorrà molto tempo per invertire l'attuale tendenza non solo per il ciclo del Carbonio, ma anche per quelli che hanno una inerzia maggiore, come il ciclo dell'Azoto e il ciclo del Fosforo. Le previsioni, basate su modelli molto sofisticati, resi possibili grazie agli stru-

vede protagonista anche il nostro paese grazie all'ENEA che si è occupata della progettazione e del programma di ricerca e sviluppo di ITER. Nell'attuale fase di costruzione, ENEA ha partecipato con la progettazione e realizzazione di componenti ad alto contenuto scientifico e tecnologico, di recente inviati in Francia presso il sito di assemblaggio di Cadarache" (Mancuso F, *Al via in Francia l'assemblaggio del più grande reattore di fusione nucleare del mondo progettato dall'Enea* 29 luglio 2020) https://www.greenme.it/informarsi/energie-rinnovabili/reattore-fusione-iter/

11. Sono allo studio in diversi laboratori dei vaccini in grado di poter debellare il virus e consentire il ritorno della abitudini prima del confinamento domestico e degli obblighi successivi che limitano la libertà personale. La Russia ha comunicato la messa a punto di un vaccino in tempi record talmente veloci che non si sa come facciano ad assicurare la sua protezione in almeno 6 mesi, come richiesto dall'OMS quando lo hanno realizzato solo in 3! Purtroppo bisogna combattere sempre di più verso una comunicazione che spesso è più focalizzata su

menti di calcolo di nuova generazione, non escludono recuperi in grado di far rientrare le peggiori previsioni entro limiti tutto sommato accettabili. Questo però richiederà un cambiamento sostanziale del regime di vita nei Paesi maggiormente energivori. Tutto ciò sarà possibile solo se si riuscirà a svincolarsi completamente dall'energia proveniente da combustibili fossili. I Paesi ricchi si dovranno far carico di rimediare alla situazione creata dai loro stili di vita diminuendo i consumi, gli sprechi, il lusso sfrenato di pochi che determina lo stato di indigenza e il pericolo di sopravvivenza di intere popolazioni. ●

Bibliografia

Lewis S, Maslin M, *Il pianeta umano. Come abbiamo creato l'Antropocene*, Milano, Le Scienze, 2020.

Al Khalili J, *Il futuro che verrà. Quello che gli scienziati possono prevedere*, Milano, Le Scienze, 2020.

McNeil JR, Engelke P, *La grande accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*, Milano, Le Scienze, 2019.

Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens W, *I limiti dello sviluppo*, Milano, Mondadori, 1974.

fatti contingenti che sulla loro analisi approfondita suscitando false aspettative ed un senso di pericolo passato quando la situazione, senza adeguate protezioni, può peggiorare velocemente. A questo proposito può essere utile: Ilaria Capua al Tg1 sul vaccino russo: *Sembra stabile ed efficace, ma restano dubbi sulla durata dell'immunità* https://video.corriere.it/ilaria-capua-tg1-vaccino-russo-sembra-stabile-ed-efficace-ma-restano-dubbi-durata-immunita/de3b8b76-dca7-11ea-9cbc-o8f-1a1a448d5

Simon L. Lewis, Mark A. Maslin
Il pianeta umano
Come abbiamo creato l'Antropocene
Einaudi 2020, pp, 384 EAN: 9788858430279

Meteoriti, metano, megavulcani e oggi gli esseri umani; alle vecchie forze naturali che trasformarono la Terra molti milioni di anni fa se ne è aggiunta un'altra: noi. Gli impatti delle azioni umane sul nostro pianeta sono ora così grandi che molti scienziati stanno dichiarando una nuova fase della storia della Terra. Siamo entrati in una nuova epoca geologica, chiamata *Antropocene*.
Per la prima volta nei quattro miliardi e mezzo di storia del nostro pianeta, una specie ne sta determinando il futuro.
La nostra influenza è ancora più profonda di quanto molti di noi realizzino. A livello globale, le attività umane spostano ogni anno più terreno, rocce e sedimenti rispetto a quanto trasportato da tutti gli altri processi naturali messi insieme. La quantità totale di calcestruzzo prodotto dagli esseri umani è sufficiente a coprire l'intera superficie terrestre con uno strato di due millimetri di spessore. Le microplastiche si trovano in ogni oceano. Abbiamo abbattuto metà degli alberi della Terra, perdendone tre trilioni, con l'estinzione che è diventata la normalità. Le fabbriche e l'agricoltura rimuovono tanto l'azoto dall'atmosfera quanto tutti i processi naturali della Terra, e il clima sta cambiando rapidamente a causa delle emissioni di biossido di carbonio derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili. Per alcuni, l'Antropocene simboleggia un futuro di controllo superlativo dell'ambiente. Per altri, è la massima *hybris*, l'illusione di dominare la natura.
Ricostruendo i nostri impatti sull'ambiente nel corso del tempo per capire quando gli esseri umani iniziarono a dominare la Terra, gli scienziati Simon Lewis e Mark Maslin ci mostrano che cosa significa la nuova epoca per tutti noi.

scheda: CITIZEN SCIENCE

Nella società della conoscenza, tanto ai non scienziati è richiesto di formarsi e informarsi su questioni scientifiche sempre più presenti nella vita quotidiana, quanto agli scienziati è richiesto di inserirsi nei processi di formazione del consenso nell'opinione pubblica.
Andrea Cerroni, convegno Scienza aperta. Per una democrazia della conoscenza (Milano, marzo 2016)

Citizen Science è un termine recente che indica il coinvolgimento di cittadini, non necessariamente in possesso di una formazione specialistica, in progetti di raccolta, categorizzazione e analisi di dati scientifici.
Il coinvolgimento di non specialisti in indagini scientifiche ha, ovviamente, importanti precedenti. Ricordiamo, ad esempio, la storia dell'oceanografo Matthew Fontaine Maury (raccontato nel libro di Caren Cooper, *Citizen Science. How Ordinary People are Changing the Face of Discovery*, Abram Press, 2016) che intorno al 1840 capì che i diari di bordo dei marinai rappresentavano una fonte preziosa di dati oceanografici, offrì loro dei diari standardizzati per raccogliere le osservazioni in modo più sistematico e pubblicò nel 1847 una carta considerata rivoluzionaria, la *Wind and Current Chart of the North Atlantic*, che rese la navigazione più efficiente e sicura, tanto che anche le navi di altre nazioni si unirono all'impresa. Dobbiamo poi ricordare che Charles Darwin intrattenne una fitta corrispondenza con allevatori di piante e animali di tutti i tipi, raccogliendo dati e informazioni che elaborò in *L'origine delle specie*. Altri esempi riguardano l'ornitologia, come il conteggio degli uccelli promosso dalla National Audubon Society (USA) a partire dal 1900.
Il termine *Citizen Science* inizia a circolare, anche a livello accademico, negli anni '90 del secolo scorso; nel 2014 viene inserito nel dizionario *Oxford English* e definito come "la raccolta e l'analisi di dati relativi al mondo naturale da parte di un pubblico che prende parte a un progetto di collaborazione con scienziati professionisti".
In realtà i progetti si sono molto allargati rispetto al campo delle osservazioni naturalistiche, coinvolgendo l'astronomia (ad esempio *Zooniverse* è un portale web che coinvolge quasi mezzo milione di volontari e si avvale del sostegno di università prestigiose come Oxford, Yale e John Opkins), l'informatica (con progetti di calcolo distribuito in cui i partecipanti mettono a disposizione dei ricercatori il proprio computer, ad esempio attraverso la piattaforma BOINC, Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) e soprattutto la medicina, l'epidemiologia, gli studi sull'ambiente e sui cambiamenti climatici. La diffusione dell'informatica e dell'elettronica di consumo ha senza dubbio contribuito alla crescita della Citizen Science, ulteriormente accelerata dagli smartphone che si sono rivelati strumenti molto versatili a questo scopo.
Recentemente è stato fatto uno sforzo a livello europeo per monitorare una serie di malattie, incluso il Covid-19. Il progetto EU-Citizen.Science ha creato una piattaforma che offre alle parti coinvolte strumenti ed esempi delle migliori pratiche, mettendo in particolare evidenza i progetti legati alla ricerca in ambito Covid-19 (per saperne di più www.eu-citizen.science/).
La *Citizen Science* comincia ad essere valorizzata anche come strumento didattico nelle scuole secondarie. L'interazione con scienziati e specialisti offre a studenti e docenti l'opportunità di accedere in modo diretto a informazioni aggiornate e precise, mentre la partecipazione a veri esperimenti aiuta a comprendere meglio le caratteristiche e lo spirito della ricerca scientifica.

Maria Turchetto

Ambientalismi di ieri e di oggi: continuità e nuove prospettive*

Elena Gagliasso e Sara Campanella

C'è un divario significativo tra i primi movimenti politici e civili che criticavano nel secolo scorso le forme di produzione distruttive degli equilibri del vivente e quelli di nuova generazione: la diffusa tendenza dei primi a criticare la scienza moderna per le sue colpe, e il nuovo tipo di fiducia che i secondi nutrono verso la ricerca come autorevole fonte di diagnosi e cura della crisi in corso. Soprattutto nei settori più critici delle tematiche ambientali e della salute, il ruolo e la produzione di scienza sono oggetto di un rapporto che non è solo di fiducia, ma di condivisione. La compartecipazione civile alla ricerca in diversi settori (come la raccolta di dati ambientali ed epidemiologici, ma non solo), ovvero l'attuale *citizen science*, dà vita a una co-produzione "ibrida" tra comunità scientifiche responsabili e cittadinanze informate.

I movimenti ambientalisti degli anni '70

Lucidi nelle prospezioni sui trend ecosistemici, sofisticati nelle analisi politico-sociali sull'esplosione demografica, sull'*overconsuming* delle risorse della Terra, sull'inquinamento chimico di falde e mari, sulla "polluzione chimica" e l'alterazione degli ecosistemi, i movimenti ambientalisti degli anni '70 erano portatori di visioni etiche e politiche ideologicamente innovative, documentate, affiancate da una critica di fondo alle responsabilità del capitalismo tecnocratico, ma recettive dei nuovi stili di ragionamento scientifico della complessità. La critica, soprattutto nel caso della *deep-ecology*, si tingeva di sfumature regressive, di una sorta di luddismo, che considerava scienza e tecnologia responsabili del degrado degli ambienti e della sua ineguale distribuzione[1]. Per queste ragioni furono bollati allora come catastrofisti da gran parte del mondo scientifico e dall'*establishment* culturale. Tra i tanti, e autorevoli, ricordiamo figure importanti in quegli anni come lo storico delle *Annales* Jacques Le Goff, lo storico della filosofia e della scienza Paolo Rossi, quello della fisica Enrico Bellone, il fisico Carlo Bernardini.

* Una versione più estesa di questo articolo è uscita su Culture e Studi del Sociale, 5(1):19-32, 2020 con il titolo *Epistemologie della sostenibilità: ragionamenti e politiche non standard.*

1. Della Seta R, *L'ecologia politica come dialettica della modernità*, in Salabè C (a cura di), *Ecocritica*, Roma, Donzelli, 2012: 79-87.

Eppure, più di quanto superficialmente sembrasse, c'era in quei movimenti una richiesta di scienza. Ma di una scienza *altra* rispetto a quella ereditata dal positivismo ottocentesco. Che registrasse concretamente il danno ambientale in atto, offrisse nuove pratiche riparative, mitigative, esplorasse nuove fonti di energie rinnovabili, fosse più consapevole e attenta agli esiti non sempre prevedibili di molte applicazioni produttive della ricerca. I dibattiti sul "principio di precauzione", che con un atto innovativo diventerà un articolo della legislazione tedesca, ne furono un prodotto diretto[2]. Non è quindi un caso che le loro prospezioni di massima si stiano realizzando, con un lasso di tempo solo di poco più lungo di quanto previsto.
Ramificatisi rapidamente in battaglie locali, spesso drammatiche – come quella di Chico Mendes[3] – e tutt'ora perduranti – come quelle condotte dai nativi nei Paesi del Sud America sottoposti alla deforestazione dell'Amazzonia, contrastate duramente dalle lobby dell'agroalimentare[4], o quelle per la difesa delle foreste himalayane ad opera delle donne e bambini Chipko, o contro le mega-dighe in India e Cina – questi Movimenti degli anni '70-'80 avevano radici differenti in Europa e negli Stati Uniti.
Negli Usa l'ecologismo derivava dal conservazionismo dei Parchi dei primi ambientalisti degli anni '30, dalle filosofie trascendentaliste della *Wilderness* che sarebbero state le matrici della successiva *Deep Ecology* fondamentalista negli anni '70. Proprio in quell'arco di anni, apparivano le prime denunce sugli effetti dell'inquinamento ambientale da pesticidi e fertilizzanti, i primi studi sull'"economia di rapina" e sul danno ecologico della *deregulation* capitalista e del totalitarismo sovietico. Le ricorrenti crisi petrolifere, che già destabilizzavano il mondo occidentale, pauperizzavano ulteriormente molti Paesi africani usciti dal colonialismo; in concomitanza con tutto ciò, usciva il primo *Rapporto sui limiti dello sviluppo* del Club di Roma[5].
In Italia, nasceva intanto un primo interessante "ambientalismo scientifico". Emerso, dopo la catastrofe di Seveso del 1976 e con le lotte di medici e operai per la salute di Porto Marghera[6], esso saldava le battaglie nelle fabbriche inquinanti degli anni '70 con i movimenti per la salvaguardia del territorio e delle biodiversità. Nascevano le associazioni *Ambiente e Salute* e *Legambiente*, siglate da figure di ricercatori (medici, biologi, epidemiologi) cruciali come Anton Giulio Maccacaro, Marcello Buiatti ed Eva Buiatti, Marcello Cini, Laura Conte, Giorgio Bert, Giorgio Nebbia, per non ricordare che i maggiori. Ancora tra gli anni '70 e '80 emergevano sul crinale tra la ricerca e l'impegno politico nuovi campi ibridi come la medicina del lavoro o l'epidemiologia ambientale e nascevano riviste come *Sapere*, *Scienza e esperienza - S&E*, *Qualenergia*, *Capitalismo-Natura-Socialismo (CNS)*, *Testi & Contesti*, fino all'avvio di *Nuova Ecologia* della nascente *Legambiente*. Convegni e gruppi di approfondimento tra ricercatori, studenti e operai permettevano una acculturazione informata che – oggi sappiamo – sta alle radici del processo della *citizen science*. Si saldarono fin da subito così la salvaguardia ambientale con quella della salute umana, riflettendo un cambiamento nel rapporto tra umani e natura che andava ben oltre la tutela della natura selvaggia. Furono movimenti d'avanguardia di cui oggi, a distanza, si può cogliere la lungimiranza, e che richiederebbero una "restituzione di valore" per lo sforzo innovatore, politico, civile, di cui furono portatori, nonché per il ruolo di sensibilizzazione alle questioni ambientali per le generazioni successive.
Quelle passate accuse di luddismo catastrofista oggi si dissolvono di fronte all'accordo unanime che collega il cambiamento climatico all'inten-

2. Il *Vorsorgeprinzip* è sancito nella legge Statale "sulla protezione dalle immissioni" e in altre normative tedesche disciplinanti la tutela ambientale.

3. Hochstetler K, Keck ME, *Greening Brazil: EnvironmentalActivism in State and Society*, Durhan, Duke University Press, 2007.

4. Zanini R, *Amazzonia in fiamme: c'era un piano preciso della Bancada Ruralista*, Il Manifesto, 24 agosto 2019.

5. Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens W, *I limiti dello sviluppo*, Milano, Mondadori, 1974.

6. Nebbia G, *Scritti di storia dell'ambiente e dell'ambientalismo, 1970-2013*, I Quaderni di Altronovecento, 4, 2014.

sificazione della produzione industriale su larga scala, additandone le future drammatiche conseguenze per grandi parti della Terra e orientando (o tentando di orientare) la geopolitica globale in tema di emergenza ambientale con i vari Protocolli per la salvaguardia della biodiversità, la mitigazione del cambiamento climatico, l'uscita totale per la metà del XXI secolo dall'uso di energie fossili. In una trentina d'anni, da Rio de Janeiro nel 1992, all'ultima Cop25 di Madrid nel dicembre 2019, la nuova cultura politica ambientalista ha fatto in modo che organismi internazionali, enti e istituzioni si occupassero di sostenibilità attraverso accordi condivisi. Tuttavia, ai primi inediti Protocolli per la *governance* globale, di portata allora rivoluzionaria, non è seguita una applicazione effettivamente adeguata: gli accordi continuano ad essere puntualmente disattesi dai principali Stati inquinanti.

Teenage activist e scienza responsabile

Oggi l'organo della ricerca più avanzata, la rivista *Nature*, sigla con il suo autorevole imprimatur l'editoriale del 14 agosto 2019, "*Teenage activist and an IPCC triumph*", un'alleanza epocale fin qui impensabile: quella tra le nuove generazioni di attivisti dell'ambiente, l'intera compagine delle comunità di ricerca pluridisciplinari sull'impatto antropico e l'*IPCC*[7].

Diventa prassi comune per gli scienziati ragionare nei loro consessi su questioni di scienza e politica, un tema che negli anni '70, con le tesi della "non-neutralità della scienza", restava sul piano teorico. Un esempio: il blog della comunità scientifica dell'AGU (*American Geophysical Union*) si interroga sui pro e contro del proprio coinvolgimento in analisi economiche e storiche sull'impatto antropico: l'espressione diretta della non neutralità della propria ricerca geologica e climatologica induce forme di politica. Sono, infatti, proprio i geofisici, i climatologi, gli oceanologi, i glaciologi, scienziati in prima linea nelle ricerche sul cambiamento climatico, a dimostrare – comparando dati passati e presenti sull'andamento climatico del Pianeta e fornendo modellizzazioni virtuali sul futuro – che l'aumento di CO_2 nell'atmosfera, con il suo dissesto sull'equilibrio climatico degli oceani, dei ghiacciai, delle linee costiere, dei deserti, è stato prodotto *prevalentemente dalle nazioni ricche*[8]. La loro ricerca da scientifica si tramuta in questione politica: perdurando con il ritmo attuale lo sfruttamento incrementale di giacimenti fossili (energie non rinnovabili), di immissione di sostanze di sintesi prodotte dalle maggiori multinazionali farmaco-agronomiche, con la conseguente distruzione di numerosi habitat e quindi di organismi viventi, verrà raggiunto in pochi decenni un livello emergenziale non più sostenibile dal punto di vista biologico e sociale. I primi a soccombere o ad essere fortemente dissestati nelle loro forme di vita – continuano gli scienziati – saranno gli abitanti di aree già oggi tra le più svantaggiate.

Accumulata lungo due secoli come conseguenza, inizialmente impensabile, dello sviluppo tecnologico e produttivo della prima industrializzazione, la forma di produzione tecno-capitalistica in cui siamo tuttora immersi, si è espansa nell'Occidente prima, si è esportata senza misure cautelative negli ambienti dei Paesi emergenti poi e, con un'impennata globale negli ultimi 70 anni, la "grande accelerazione"[9], si sta confermando oggi letale per la sopravvivenza di gran parte del mondo vivente: proprio come si ipotizzava e denunciava già negli anni '70 del secolo scorso. La diffusione planetaria di questa forma integrata di economia e di tecnologie basate sul consumo di energie fossili, sull'immissione massiccia in natura di plastiche ed altri prodotti chimici, sul consumo dei grandi polmoni forestali del pia-

7. L'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) è il principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici, istituito nel 1988. Si tratta di un organo intergovernativo aperto a tutti i Paesi membri dell'ONU, di cui attualmente fanno parte 195 Paesi.
www.ipccitalia.cmcc.it

8. Artale V, *Sei domande sui cambiamenti climatici tra scienza e protesta sociale*, Riflessioni sistemiche, 20:6-26, 2019.

9. McNeill JR, Engelke P, *La grande accelerazione. Una storia ambientale dell'antropocene dal 1945 ad oggi*, Einaudi, Torino, 2018.

neta – non più soltanto per la produzione di legname, ma per la realizzazione di monocolture intensive e di biomasse – ha raggiunto un livello di non-sostenibilità anche a breve termine. Tanto che il *cambiamento* climatico si sta avviando a divenire in poche altre decine d'anni un'*emergenza* climatica.

C'è dunque un divario che vale la pena di rilevare tra i primi movimenti politici e civili che criticavano nel secolo scorso le forme di produzione distruttive degli equilibri del vivente, e quelli di nuova generazione: la diffusa tendenza dei primi a criticare la scienza moderna per le sue colpe, e il nuovo tipo di fiducia che i secondi nutrono verso la ricerca come autorevole fonte di diagnosi e cura della crisi in corso.

La crescente quantità e affidabilità dei dati sul danneggiamento globale è il punto di riferimento imprescindibile additato ai politici dai movimenti ambientalisti delle nuove generazioni. Soprattutto nei settori più critici delle tematiche ambientali e della salute, il ruolo e la produzione di scienza sono oggetto di un rapporto che non è solo di fiducia, ma di *condivisione*. Dall'inizio del XXI secolo, la compartecipazione civile alla ricerca in diversi settori (come la raccolta di dati ambientali, l'interlocuzione con le comunità di scienziati sulle priorità e sull'etica della ricerca), ovvero l'attuale *citizen science*[10] contribuisce al vasto settore delle questioni ambientali che diventano dirimenti in politica. In questa fase storica, non esente da forme di oscurantismo populista di ritorno, è interessante cogliere il circolo virtuoso che si va formando tra epistemologia, sociologia, geopolitica e ambientalismo militante. Il fulcro delle rivendicazioni poggia sulle basi delle evidenze dei geofisici, dei climatologi, dei glaciologi, dei botanici, degli zoologi, degli epidemiologi, che integrano modelli ecosistemici virtuali, tecnologie satellitari, ricostruzioni fini del passato dei climi e delle distribuzioni dei viventi, ulteriori tecnologie esplorative delle profondità oceaniche e della stratosfera, con ampia utilizzazione dei relativi big-data.

Si delinea un cambiamento nelle *filosofie implicite* di molti scienziati e vi si affianca un cambiamento anche nell'immaginario collettivo. Entrambi lontani dai dispositivi di dominio della natura che per tre secoli hanno segnato l'immaginario e le filosofie scientifiche del moderno.

È dunque in corso una duplice transizione. Si tratta di una *transizione antropologica* e insieme di una *transizione epistemica*. Implica infatti un riposizionamento antropologico, o addirittura ontologico, per tutti noi: l'essere noi la "parte vivente" dei nostri ambienti di vita. Ovvero, la presa d'atto di essere stati da questi costituiti e di questi stessi trasformatori. Ma si tratta anche di una transizione epistemica, in cui i dati della ricerca diventano base per inferenze riguardo a ciò che si debba intendere e accettare per "scienza responsabile". Ciò implica l'intrecciarsi del momento denotativo delle validazioni con quello connotativo della valutazione etica. Tanto che il rapporto tra quegli scienziati capaci di interagire con le cittadinanze informate e i movimenti in difesa dell'ambiente diventa un moltiplicatore di condivisioni che ormai contagiano anche l'arte e la letteratura.

Si possono delineare dunque tra scienza e società una serie di discontinuità culturali ed epistemiche con il passato recente. C'è una nuova comprensione del fare-scienza che ha in sé, potremmo dire, una matrice illuminista di ritorno, in quanto è un appello al ragionamento responsabile sulle conseguenze impreviste e nocive delle produzioni tecnoscientifiche sul mondo vivente. Per queste ragioni riteniamo che nella co-produzione "ibrida" tra comunità scientifiche e cittadinanze informate risiedano nuove importanti potenziali-

10. Jasanoff S, *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United State*, Princeton, Princeton University Press, 2005; Rufo F (a cura di), *Il valore democratico della conoscenza*, Roma, Ediesse, 2019.

tà da spendere ancora poco esplorate che saranno da seguire con lungimiranza.
L'emergenza Covid-19 ha occupato negli ultimi mesi il centro della scena mediatica, togliendo in parte visibilità ai movimenti ecologisti delle nuove generazioni. Eppure si tratta di un'emergenza che ne rilancia e ne rafforza il messaggio, così come spinge nella direzione di collaborazioni inedite. L'emergenza è stata in primo luogo un acceleratore di interdisciplinarità: ha visto la collaborazione di specialisti di diverse discipline: medici, virologi, epidemiologi, biologi, *studiosi della vita* che hanno incontrato gli *studiosi della società*, dei processi socio-economici di urbanizzazione, industrializzazione, trasformazioni del settore primario. Ma anche un *acceleratore di responsabilità*: un potente collegamento tra scienziati, amministratori, cittadini chiamati a collaborare e a giudicare scelte politiche. Una responsabilità più vasta, collettiva, che serva al domani: la responsabilità nel progettare forme di vita e di con-vivenza diverse da quelle del prima pandemia, quelle che da tempo un'etica e una politica ambientale ci richiedono. ●

Giorgio Nebbia
La terra brucia
Per una critica ecologica al capitalismo
Jaca Book, 2020, pp. 170, ISBN 978-88-16-41568-3

Il libro, che rappresenta innanzitutto – come leggiamo nella presentazione in quarta di copertina – "un doveroso tributo (e un doveroso ringraziamento) a un grande *dissidente*", raccoglie alcuni saggi e interventi di Giorgio Nebbia e un interessante carteggio con Dario Paccino che ricostituiscono la nascita di una matura sensibilità ecologista in Italia.
I testi sono preceduti da una breve ma significativa introduzione di Pier Paolo Poggio e Marino Ruzzenenti e da un esauriente profilo biografico curato da Luigi Piccioni che ripercorre la formazione e le poliedriche attività di Nebbia.
Nebbia impiegava il termine *ecologia politica* per sottolineare la responsabilità, politica appunto, verso un ambiente che non è più, principalmente o esclusivamente, il prodotto dell'evoluzione naturale ma il risultato del lavoro associato, l'esito della relazione sempre più intensa tra tecnica e natura. Propugnava perciò una regolazione politica dell'economia basata da un lato sulla conoscenza dei limiti ecologici, ben individuabili da parte di una scienza non asservita al profitto; dall'altro su una consapevolezza diffusa della crisi ambientale. Se questi due presupposti oggi stanno crescendo, la politica tuttora latita sulla questione.
Gli scritti di Nebbia risultano perciò di grande attualità e di stimolo per i nuovi movimenti. Come scrive Lelio Demichelis nella postfazione, "critica ecologica e critica politica al tecno-capitalismo devono procedere insieme […]. Era (è) la grande lezione di Giorgio Nebbia".

Paolo Cacciari

Ombre verdi

L'imbroglio del capitalismo green

Altreconomia Edizioni, 2020, EAN 788865163795, pp. 154.

Interrogandosi sul dopo-emergenza sanitaria – e ricordando innanzitutto che le epidemie non sono affatto eventi casuali, poiché "le epidemie virali sono nella grande maggioranza dei casi di origine animale (zoonosi) e compiono un salto trans-specifico (*spillover*) a causa dei comportamenti a dir poco imprudenti messi in atto progressivamente dal genere umano che hanno devastato gli ecosistemi naturali" – l'autore non si mostra molto ottimista. Diffida soprattutto – e ci invita a diffidare – delle promesse della green economy, che prospetta un nuovo capitalismo dal volto umano, ecosostenibile, inclusivo e responsabile. Ma c'è una contraddizione insanabile tra economia di mercato e natura, tra capitalismo e sostenibilità ecologica, tra l'etica utilitarista di questo sistema economico e l'etica della responsabilità necessaria per contenere e ridurre davvero l'impatto antropico sull'ambiente.

Tale contraddizione si coglie in particolare nell'illusoria ipotesi del *decoupling*, "la magica separazione della curva dell'aumento del Pil dalla curva delle pressioni ambientali", su cui si basa il credo dello "sviluppo sostenibile": l'idea cioè di poter "disaccoppiare" la crescita economica dai danni che essa provoca alla biosfera. Studi importanti – ad esempio il rapporto *Decoupling Debunked* dell'EEB (European Environmental Boureau) – "smascherano" questa ottimistica ipotesi: nel corso degli anni, a livello globale l'uso di risorse naturali continua ad essere in crescita. Come conclude il rapporto citato, "nel complesso, l'idea che la crescita verde possa effettivamente affrontare il problema delle attuali crisi ambientali non è sufficientemente supportata da basi empiriche".

Sull'ipotesi del *decoupling* si basa una strategia perversa, che prospetta un circolo vizioso più che una soluzione credibile. "Gli 'ambientalisti dei consigli di amministrazione', gli 'economisti dell'ambiente' e i 'finanzieri verdi' sostengono la seguente teoria: poiché la riconversione ecologica degli apparati produttivi ed energetici costa molto […], allora l'economia deve riuscire ad incrementare gli utili monetizzabili e reinvestibili, deve quindi crescere più in fretta per fornire quel sovrappiù necessario per sostenere la riconversione ecologica. A loro volta le opere realizzate dovranno essere in grado di ripagare gli investimenti forniti tramite debiti contratti con i vari istituti finanziari specializzati in 'finanza sostenibile', compresi ovviamente gli interessi sul capitale. Questa stringente logica conduce alla progressiva finanziarizzazione delle politiche ambientali, consegna gli obiettivi della sostenibilità nelle mani dei finanziatori che privilegeranno inevitabilmente le soluzioni tecnologiche a più forte intensità di capitale (pensiamo alla geoingegneria del clima o alle biotecnologie) e scarteranno le innovazioni organizzative sociali più semplici e meno costose".

La sostenibilità promessa dal capitalismo, dunque, non è solo un enorme battage pubblicitario finalizzato a sostenere il "valore reputazionale" delle imprese e ad accedere a incentivi e credito. Può essere molto di più: una "quarta rivoluzione industriale" che, affidata alla logica del profitto, si limiterà a spostare in avanti le frontiere dello sfruttamento del pianeta. Dobbiamo dunque guardarci da questa *fake sustainability*: le risposte alla crisi ecologica emerse fino ad ora sono inefficaci e ingannevoli. I processi produttivi pretesi "verdi" spostano i termini del problema ma non risolvono il vincolo della scarsità: "la green economy rivitalizza il mercato, non l'ambiente".

In conclusione è proprio alla logica del capitalismo che occorre sfuggire: alla sua "etica" economicista e utilitarista che produce "la separazione schizofrenica […] tra lavoratore e consumatore, ognuno dei quali dovrebbe badare al proprio interesse particolare e contrapposto all'interno delle regole del mercato: il primo impegnato a pensare solo ad ottenere una maggiore retribuzione, il secondo ad avere merci a più basso costo. Rompere i ruoli […] pre-assegnati e liberarsi dai paraocchi culturali del consumismo dovrebbe essere il tracciato di una convergenza nelle pratiche dei movimenti dei lavoratori e dei consumatori. Mi pare convincente l'idea di persone che avviano percorsi di ricomposizione dell'unità del loro essere".

Il saggio di Paolo Cacciari è molto ben documentato e ricco di esempi e di riferimenti bibliografici; spiega con molta chiarezza alcuni meccanismi chiave del business ecologico e i limiti dei principali accordi internazionali sulla questione ambientale.

Maria Turchetto

Cartolarizzare l'aria

Paolo Cacciari

I vecchi "poteri fossili" e il nuovo "capitalismo verde" offrono soluzioni che non risolvono il problema ambientale. La catastrofe ecologica diventa un *business* che consegna alla privatizzazione e alla grande finanza l'ultimo bene comune accessibile: l'atmosfera. La "spietata logica finanziaria" è quella che permette di estendere la ricerca dell'incremento del saggio di profitto lungo tutta la filiera delle attività umane.

Dividono l'aria e il vacuo nulla in quote
per menar per il naso la città intera

Daniel Defoe, *Reformation of Manners* (1702)

La guerra planetaria permanente per il controllo delle risorse comprende i combustibili fossili, i minerali, i materiali inerti, i metalli rari, l'acqua dolce, i suoli fertili, i semi, i genomi, i saperi accumulati dalle generazioni che ci hanno preceduto, le nuove conoscenze e anche l'atmosfera. L'arma di distruzione di massa che i vecchi "poteri fossili" e il nuovo "capitalismo verde" stanno cinicamente usando per appropriarsene è il clima. Con una mano lo compromettono alterando gli equilibri della biosfera fino a provocare catastrofi in molte parti del pianeta, con l'altra mano si propongono di riparare i danni con l'installazione di apparati tecnologici sempre più sofisticati, costosi, centralizzati e da loro stessi controllati. Da un lato mettono a fuoco il pianeta spaventando e colpendo le popolazioni ad iniziare da quelle più povere ed esposte agli effetti dei cambiamenti climatici, dall'altro impongono le contromisure a loro più utili al fine di mantenere il dominio su ogni tipo di attività umana. Offrono soluzioni che non guariscono il male profondo, ma lo ingegnerizzano, lo medicalizzano, lo istituzionalizzano. La catastrofe ambientale diventa un *business*. In pratica, stanno pianificando

l'appropriazione tramite spartizione, privatizzazione e messa a profitto dell'ultimo grande bene comune accessibile: l'atmosfera.
Il principale meccanismo tecnico-contabile che gli Stati in accordo con la finanza si sono inventati per incorporare anche l'aria nei bilanci aziendali, si chiama ETS, Emission Trading System. È dal Protocollo di Kyoto del 1997 che è in atto un tentativo per creare un mercato globale dei gas climalteranti. Come? Nel modo più semplice, autorizzandone l'emissione! L'Europa sta facendo da apripista. Gli stati rilasciano alle imprese (gratuitamente o tramite aste pubbliche) quote di emissioni di biossido di carbonio (o CO_2 equivalenti) che a loro volta le imprese possono utilizzare o rivendere ad altre imprese, in altri Stati, comprarne di nuove, tesaurizzarle, cederle a istituti finanziari che le infilano in qualche titolo derivato e ne ricavano rendite. Così, quote di quell'aria fondamentali per qualsiasi forma di vita vengono sottratte, inquinate e trasformate in titoli di credito sui liberi mercati dei capitali finanziari.
Lo scorso anno una tonnellata di CO_2 valeva tra i 23,5 e i 25 euro nelle borse specializzate. In Europa tra il 2010 e il 2015 sono state vendute e comprate 480 miliardi di tonnellate di CO_2 per un valore di 500 miliardi di euro. Ha scritto Angelo Richiello, un giornalista economico dell'*Espresso*: "Il mercato delle emissioni rende più di tutti, ovvero più delle azioni delle grandi compagnie petrolifere e minerarie"[1]. Grazie al mercato del carbonio l'inquinamento diventa un capitale investibile. Ha scritto un commentatore su un giornale autorevole: "C'è chi ritiene che permettere a chi inquina di 'comprare' i diritti a farlo dai Paesi virtuosi e meno sviluppati sia in fondo una forma di neocolonialismo"[2]. Ed è proprio così che la penso anch'io. L'autorevole sito *Climate Analytics* ha scritto: "L'attuale azione globale per il clima è sostanzialmente in contrasto con l'obiettivo a lungo termine dell'accordo di Parigi di limitare il riscaldamento a meno di 1,5° C. Gli attuali contributi volontari di riduzione dei gas climalteranti determinati a livello nazionale (NDC) presentati dai Paesi porterebbero il mondo a un riscaldamento di circa 3° C entro il 2100, un livello di riscaldamento inconcepibile per i Paesi più vulnerabili. Per limitare il riscaldamento a 1,5° C, l'ambizione contenuta nei NDC deve raddoppiare".
Ciò premesso lo scontro in corso tra gli Stati che ha fatto naufragare la Cop 25[3] di Madrid e che tiene banco nei negoziati che dovranno portare alla Cop 26 a Glasgow (rinviata a data da destinarsi), riguarda proprio l'art.6 dell'Accordo di Parigi del 2015 che pretendeva l'attuazione dei contributi volontari di riduzione della CO_2 attraverso meccanismi flessibili (Clean Development Mechanism CDM) ovvero un sistema di mercato che ha consentito ai paesi più ricchi di "compensare le loro emissioni in eccesso con riduzioni delle emissioni meno costose e più facili altrove". Ciò ha portato ad un accumulo di crediti autorizzati (Certified Emissions Reductions CERs) ma non utilizzati in paesi quali la Cina, l'India e il Brasile. "I meccanismi di mercato - scrive *Climate Analytics* - esistenti ai sensi del protocollo di Kyoto hanno accumulato un'offerta disponibile di circa 4.65 Gt di compensazioni di CO_2 per il carbonio. Se questi crediti dovessero essere ricollocati nei meccanismi previsti dall'articolo 6 dell'accordo di Parigi […] potrebbe compromettere gravemente il conseguimento delle riduzioni promesse nell'ambito della prima serie di NDC". In conclusione: "I meccanismi di riporto esistenti nell'ambito del protocollo di Kyoto hanno già dimostrato di essere controproducenti rispetto a obiettivi di mitigazione potenziati: invece di stimolare una riduzione più profonda e più rapida delle emissioni, questi meccanismi hanno permesso ai governi di rimandare l'azione a quei settori che sono più difficili da decarbonizzare"[4].

1. Richiello A, L'Espresso, 30/12/2018.

2. Agnoli S, *Ma per la svolta servono Usa e Cina*. Corriere della Sera, 17/12/2019.

3. Cop (Conferenza delle parti) è l'organismo decisionale dell'UNFCC, la convenzione dell'ONU sui cambiamenti climatici.

In definitiva le complesse procedure di regolamentazione del mercato del carbonio, inventate a Kyoto 1997 e confermate a Parigi 2015, si sono rivelate un completo fallimento. L'idea perversa di base che guida le menti intossicate dalla ideologia liberomercatista dei nostri governanti e dei loro economisti di riferimento è che le imprese avrebbero convenienza a convertire i propri apparati produttivi con tecnologie meno impattanti piuttosto che dover acquisire sul mercato permessi di inquinamento. Un obiettivo che sarebbe più logico, semplice e giusto raggiungere imponendo una qualche forma di *carbon tax* sulle emissioni, anche su quelle incorporate nelle merci importate. Ma in questo modo nessuno ci guadagnerebbe! I "meccanismi di mercato" consentono invece alle imprese transnazionali di delocalizzare le produzioni più impattanti in Paesi "in via di sviluppo" e/o compensare le loro emissioni investendo in progetti "ecologici" in altri paesi (Clean Development Mechanism). Insomma, con gli ETS i soldi girano e i *business* si moltiplicano. Se questi poi finiscono per sviluppare le tecnologie green rimane da dimostrare.

Nulla di nuovo. Rosa Luxemburg ci spiegava che la logica espansiva del capitalismo presuppone una "accumulazione originaria continuata". La sussunzione e la trasformazione di ogni cosa e di ogni relazione in fattore produttivo. Chiamatelo biocapitalismo o "capitale naturale" più "capitale umano", "capitale sociale" più "capitale relazionale" e "capitale reputazionale". L'importante è che ogni risorsa naturale e ogni attività umana concorra ad accrescere ed accelerare il processo di creazione del profitto e di valorizzazione economica dei capitali investiti. Ogni cosa e ogni relazione deve entrare direttamente e in tempo reale nella catena di valorizzazione del capitale. La "spietata logica finanziaria" è quella che permette di estendere la ricerca dell'incremento del saggio di profitto lungo tutta la filiera delle attività umane. ●

4. https:// climateanalytics.org/media/carry_over_ca_briefing_11dec2019.pdf

Roberto Della Seta
La difesa dell'ambiente in Italia
Storia e cultura del movimento ecologista
Milano, Franco Angeli, 2000
EAN 9788846418838

Il libro traccia in breve la storia di come è nato e si è sviluppato il problema ecologico e dei diversi personaggi e movimenti che lo hanno pensato e affrontato. Nei primi due capitoli incontriamo quei fermenti paesaggistici e naturalistici dell'immediato dopoguerra che avranno come esito le attività dell'associazione Italia Nostra. Sorge negli anni successivi l'ecologia "politica", quel movimento ambientalista di cui l'autore tratteggia con rigore e onestà intellettuale i ruoli, i personaggi, le date e gli eventi importanti: dalla fondazione Volkswagen al Club di Roma e alla Columbia University, a Barry Commoner, Aurelio Peccei, Olof Palmer, Ugo Stille e Giulio Maccacaro. Un successivo capitolo racconta le mobilitazioni antinucleari, dalla chiusura di Montalto di Castro al referendum antinuclearista, sottolineando l'influenza che l'incidente nucleare di Cernobyl esercitò sul mondo ambientalista nazionale. Gli ultimi capitoli riguardano l'attuale ruolo delle varie organizzazioni nazionali nel contesto internazionale. Non mancano riflessioni e notizie sull'incidente di Seveso e sul ruolo di rottura culturale e di utile proselitismo del mensile *Sapere* di quegli anni. Chiudono l'opera un'utile bibliografia essenziale, un glossario (breve ma denso), una riuscita galleria dei protagonisti, nonché una panoramica sui dati più importanti sui livelli di inquinamento atmosferico, rifiuti, tassi di estinzione o di urbanizzazione.

Le discariche del "mondo avanzato": dove finisce la spazzatura elettronica

Maria Turchetto

La saturazione dei mercati, cui fisiologicamente va incontro la produzione di tipo capitalistico, si traduce in una saturazione fisica dell'ambiente le cui conseguenze sono gravemente sottovalutate. È il caso dei rifiuti elettronici che finiscono nel Terzo Mondo, soprattutto in Africa, nella più totale elusione delle normative sullo smaltimento.

Saturazione dei mercati e mercati di sostituzione

È uscito di recente un libro che raccoglie scritti e interventi di Giorgio Nebbia, uno dei padri dell'ambientalismo italiano[1]. La peculiarità dell'approccio di Giorgio Nebbia alla questione ambientale consiste nella sua attenzione alle *merci* e al *ciclo economico* che caratterizza la loro produzione e il loro consumo. Tale peculiarità deriva in larga misura dalla sua formazione di chimico merceologo, allievo di Walter Ciusa propugnatore di un approccio alla merceologia basato appunto sullo studio dei cicli produttivi.

Si tratta di un approccio a mio avviso molto fecondo, perché coglie alcune caratteristiche storiche del capitalismo (la produzione di massa, in primo luogo) e perché evita di cadere in alcune illusioni – a volte ho la tentazione di chiamarle "allucinazioni" – relative alla produzione industriale contemporanea (la pretesa "immaterialità" di alcuni settori).

Per ragioni che Marx ha a suo tempo analizzato con grande efficacia, la produzione orientata al profitto o, più precisamente, al *plusvalore relativo* con-

Figura 1. La più grande discarica di e-waste del mondo a Agbogbloshie (Ghana). https://it.euronews.com/2019/07/26/in-questa-infernale-discarica-tossica-del-ghana-finiscono-i-nostri-rifiuti-elettronici

1. Nebbia G, *La Terra brucia. Per una critica ecologica al capitalismo*, Milano, Jaca Book, 2020.

duce alla produzione di massa nel duplice senso di produzione su larga scala e destinata al consumo di massa[2]. Per questo suo carattere, incontra ciclicamente problemi di sovrapproduzione. Come scrive Giorgio Nebbia, esiste una "saturazione della soddisfazione dei consumatori […], ma anche dello spazio disponibile. Ogni persona può infatti possedere quantità di merci fisiche limitate, al di là delle quali non sa cosa farsene o dove metterle […]: una persona può avere due o tre ma non venti divani o automobili o televisori o frigoriferi, eccetera"[3]. La produzione di massa incontra cioè, come dicono gli economisti, una *saturazione dei mercati* ma, aggiunge Nebbia, anche una *saturazione degli spazi fisici*. Ai mercati saturi si fa fronte, almeno per un po', con i *mercati di sostituzione*: sostituire l'automobile, il televisore, il frigorifero con un modello di "nuova generazione". A volte dà una mano lo Stato con quelli che Nebbia definisce "accanimenti terapeutici"[4]: tenere in vita una "popolazione di merci" tramite incentivi fiscali di vario tipo. Per lo più provvede il capitalismo attraverso quella che viene definita "obsolescenza programmata". Ma se questo può essere un palliativo – spesso anche abbastanza durevole – alla saturazione dei mercati, come la mettiamo con la saturazione degli spazi fisici che da questi "accanimenti terapeutici" viene anzi aggravata? Dove vanno a finire le automobili, i televisori, i frigoriferi sostituiti?

I rifiuti elettronici

Vorrei trattare qui brevemente questo problema con riferimento a un settore che Nebbia non ha forse avuto tempo e modo di approfondire: le merci informatiche ed elettroniche. Il grande *battage* pubblicitario che, a partire dagli anni '90 del secolo scorso, ha introdotto questo nuovo ciclo merceologico ha puntato molto sul carattere "immateriale" delle tecnologie informatiche, facendo indubbiamente presa sull'immaginario collettivo. In quegli anni la *new economy* basata sull'informatica e sull'elettronica – pretesa piccola, bella e pulita – veniva contrapposta alla *old economy* – brutta, sporca e ingombrante. Di "piccolo", in questo nuovo settore, c'è stato ben poco: il mercato è stato rapidamente monopolizzato da un paio di grandi corporation. E quanto all'"ingombro" delle nuove merci, ci hanno fatto quasi dimenticare che, oltre al software, esiste un hardware fatto di plastica, circuiti, cavi, metalli pesanti e inquinanti. Per non parlare degli enormi cavi, dei ripetitori e dei satelliti che trasportano le informazioni. Eppure anche oggi si continua a insistere sul carattere immateriale e pulito delle tecnologie informatiche: in un libro recente, Andrew McAfee sostiene che "le tecnologie digitali, leggere e impalpabili, consentono all'economia di mercato di […] risolvere i problemi dell'inquinamento"[5].

Il mercato di sostituzione dei prodotti informatici è stato spinto al massimo da un'obsolescenza programmata affidata soprattutto al software: per usare un programma più efficiente – o semplicemente più "aggiornato", il che spesso significa inutilmente appesantito – occorre un sistema operativo migliore, quindi di fatto un nuovo hardware (nuove CPU, nuovi supporti di memoria, nuove schede), dunque buttare via il vecchio e comprare il nuovo.

Sì, ma il vecchio – che è un oggetto materiale, fatto di plastica, vetro, rame, silicio e altri componenti – dove va a finire *fisicamente*? La risposta è tanto banale quanto tragica: finisce nel Terzo Mondo, prevalentemente in Africa. E ci finisce per lo più in modo illegale o elusivo delle leggi in materia.

Le dimensioni dei rifiuti elettronici (RAEE, Rifiuti di Apparecchi Elettrici ed Elettronici) sono

2. Su questo punto, che non posso approfondire in questa sede, rinvio a Turchetto M, *La scoperta del plusvalore relativo*, in Bellofiore R e Fabiani M (a cura di), *Marx inattuale*, Edizioni Efesto 2019:271-284.

3. Nebbia G, *La Terra brucia*, cit.: 44.

4. Ivi: 41.

5. McAfee A, *Di più con meno. La sorprendente storia di come abbiamo imparato a prosperare usando meno risorse*, Milano, EGEA, 2020: 127. McAfee (ricercatore del MTI di Boston) sostiene che per risolvere i problemi dell'ambiente non servono cambiamenti radicali: basta far crescere economie di mercato tecnologicamente sofisticate in tutto il mondo.

importanti: si calcola che ogni anno i ventotto Stati UE ne producano 10 milioni di tonnellate; nel mondo 50 milioni di tonnellate di cui solo il 20% viene smaltito correttamente: 40 milioni finiscono nelle discariche, vengono bruciati o trasportati in paesi dove le leggi sull'importazione e i controlli sul riciclo sono meno stringenti.
Quando acquistiamo un nuovo oggetto elettrico o elettronico, paghiamo una tassa, il "contributo ecologico", di cui per lo più non ci accorgiamo perché viene affogata nel prezzo del prodotto, che dovrebbe servire a finanziare il corretto smaltimento e riciclaggio dell'oggetto stesso. Di fatto, lo smaltimento RAEE segue tre strade: una buona parte degli apparecchi viene abbandonata ovunque, un'altra parte viene "cannibalizzata" (vengono sottratte con modalità improprie le parti riutilizzabili) e solo la restante arriva nei centri di raccolta per lo smaltimento a norma di legge. Ma anche qui le cose non funzionano come dovrebbero. Secondo un'indagine di Greenpeace, in Italia l'80% dei centri di raccolta non ha i requisiti previsti a livello normativo.
Lo smaltimento legale è costoso – i paesi scandinavi e l'Inghilterra sono riusciti a fare della gestione dei rifiuti elettronici un vero business – e la UE vieta l'esportazione verso paesi non appartenenti all'OCSE. Esiste tuttavia un trucco utilizzato dalle ditte appaltatrici dello smaltimento: spedire i RAEE in Africa non come "rifiuti" ma come "usato" (componentistica di seconda mano). In teoria, l'operazione passa come un'operazione sensata, perché vendere l'usato estende la vita dei prodotti, e addirittura meritoria, perché garantisce ai paesi meno ricchi l'accesso a tecnologie a basso costo. In pratica si tratta di una copertura: si stima che l'80% di quanto viene portato in Africa sia non funzionante e illegale [6].
Il problema è che è difficile distinguere il rifiuto dall'usato: i porti non sono in grado di monitorare e ispezionare i milioni di container che arrivano con questo tipo di merce. E non stupirà nessuno sapere che in questo traffico è coinvolta anche la malavita organizzata.
I principali destinatari dei RAEE provenienti dai paesi europei sono paesi dell'Africa Occidentale: Benin, Costa d'Avorio, Ghana, Liberia, Nigeria. La più grande discarica di *e-waste* del mondo si trova ad Agbogbloshie, nei sobborghi di Accra, la capitale del Ghana (figg. 1 e 2). È uno dei dieci luoghi più inquinati del pianeta, centinaia di chilometri quadrati di spazzatura "di valore" per gli *scrap dealer* che ci lavorano, un inferno a cielo aperto che attrae migranti dal nord del Ghana e dai paesi limitrofi che finiscono per vivere, abitare, coltivare e allevare bestiame in questo scenario postatomico. Decine di migliaia di persone qui si guadagnano la giornata smembrando e bruciando ogni tipo di rottame elettronico. Gli *scrap dealer* bruciano le parti in plastica, strappano con le mani cavi e circuiti elettrici, estraggono metalli e materie prime componenti per guadagnare 2 o 3 dollari al giorno[7].

"Un'immane raccolta di merci"

È probabile che a questo punto qualche lettore si senta in colpa per aver magari infilato una vecchia tastiera nel cassonetto destinato ai rifiuti indifferenziati. Ed è certo indispensabile seguire le norme per il corretto conferimento dei RAEE, nonostante i limiti dei centri di raccolta che ho segnalato. Ma i comportamenti individuali sono poca cosa rispetto agli "errori di sistema". Per citare ancora Giorgio Nebbia: "La violenza all'ambiente e al territorio deriva dalle scelte sbagliate che vengono fatte nelle materie prime, nei processi produttivi, nella qualità dei manufatti, nell'uso del territorio. Errori non occasionali – si badi bene – ma motivati dalle *regole della società capitalistica* che impone di estrarre sempre più

6. Tebaldi V, *Smaltimento illegale RAEE, Africa discarica dell'Europa* https://www.nonsoloambiente.it/economia-circolare/rifiuti/smaltimento-illegale-raee-africa-discarica-delleuropa

7. Poltronieri F, *In questa infernale discarica tossica del Ghana finiscono i nostri rifiuti elettronici* https://it.euronews.com/2019/07/26/in-questa-infernale-discarica-tossica-del-ghana-finiscono-i-nostri-rifiuti-elettronici

risorse, di sfruttare sempre più la natura, di sbarazzarsi dei rifiuti al minimo costo possibile. Una società che misura tutto in unità monetarie e nei cui calcoli non entrano i beni che non hanno prezzo: la salute, l'aria e l'acqua pulita, la bellezza"[8]. Il nostro stesso consumismo – giustamente sotto accusa – è in larga misura *indotto* da questa società che, come scrive Marx nel celeberrimo *incipit* del *Capitale*, "si presenta come un'immane raccolta di merci". "Una produzione determinata – cito ancora Marx – determina un consumo e una distribuzione determinati"[9]. La produzione capitalistica induce un *consumo eccessivo* fino allo spreco in una parte del mondo e una *distribuzione iniqua* che priva di risorse – anche dei "beni che non hanno prezzo" – l'altra parte del mondo, perpetuando quello *sviluppo ineguale* che è un'altra regola del sistema.

Oggi esiste una consapevolezza diffusa della crisi ambientale e dei limiti ecologici, tuttavia i nuovi movimenti ambientalisti – come Fridays For Future o Youth for Climate – tendono a contrapporre una generica umanità avida o una generazione irresponsabile alla natura depredata. I movimenti ecologisti del secolo scorso mostravano a mio avviso maggiore consapevolezza nell'individuare la responsabilità del *modo di produzione capitalistico*, la cui violenza si esercita non solo sull'ambiente naturale ma anche su una parte cospicua dell'umanità. ●

Figura 2. Ancora la discarica di e-waste di Agbogbloshie (Ghana).
https://it.euronews.com/2019/07/26/in-questa-infernale-discarica-tossica-del-ghana-finiscono-i-nostri-rifiuti-elettronici

8. Nebbia G, cit.: 33.

9. Marx K, *Introduzione* (1857) a *Per la critica dell'economia politica*, Roma, Editori Riuniti,1984: 188.

La Plastica "in mostra" al Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa:
riflettere e comunicare

Silvia Battaglini,
Elena Bonaccorsi,
Marco Dellacasa,
Simone Farina,
Marina Locritani,
Silvia Merlino,
Patrizia Scaglia,
Chiara Sorbini

L'inquinamento da plastica oggi rappresenta un problema ambientale a scala mondiale che si ripercuote su molti aspetti della nostra vita quotidiana e incide anche sulla nostra salute. La mostra temporanea *La plastica e noi* realizzata presso il Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa vuole sensibilizzare i cittadini e suggerire l'adozione di strategie più corrette di consumo e smaltimento di imballaggi e oggetti in plastica.

Introduzione

L'inquinamento da plastica oggi rappresenta un problema ambientale a scala mondiale che si ripercuote su molti aspetti della nostra vita quotidiana e incide anche sulla nostra salute. È principalmente causato dall'eccessivo consumo che facciamo di tale materiale, ma anche da un suo non corretto smaltimento. Negli ultimi anni, nel nostro come in altri paesi del Mondo, si sta intervenendo a livello legislativo per limitare questo problema e i risultati si potranno vedere, auspicabilmente, negli anni a venire. Ma le leggi da sole non bastano: altrettanto importante è l'adozione da parte delle persone di strategie più corrette di consumo e smaltimento di imballaggi ed oggetti in plastica. Tali strategie possono scaturire solo da una maggiore consapevolezza della serietà di questo problema che riguarda tutti noi e di come proprio i nostri comportamenti di tutti i giorni possano esserne causa o soluzione.

Questa considerazione è alla base della nostra decisione di dare un contributo attraverso i mezzi che ci sono più congeniali, ovvero la divulgazione e l'educazione. E quale luogo migliore per farlo se non un Museo di Storia Naturale, che passa così da luogo in cui si osserva ciò che la natura è stata capace di fare nel corso di milioni di anni a luogo in cui mostrare ciò che la nostra specie è stata capace di fare in pochi decenni!

La mostra temporanea "La plastica e noi", inaugurata il 20 luglio di quest'anno e visitabile fino al 31 maggio 2021, è stata pensata e realizzata da un gruppo interno al Museo insieme ad esperti dell'Istituto di Scienze

Marine (ISMAR – CNR) della sede di Lerici e dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Roma 2) della sede di Portovenere. Siamo partiti da alcune semplici domande che ci siamo posti e sulle quali abbiamo improntato tutta l'esposizione: "Quanta plastica avremmo in casa a fine mese se non venisse raccolta una o due volte a settimana? Quanto spazio occuperebbe? Quali sono le plastiche più frequentemente ritrovate disperse nell'ambiente? Che effetti hanno sulla natura? Possiamo limitare la nostra produzione di rifiuti di plastica facendo maggiore attenzione a ciò che compriamo ed utilizziamo?" Tali domande sottintendono come non sia "la plastica in quanto tale" il vero problema, ma piuttosto l'abuso che ne facciamo e la poca attenzione che le dedichiamo dopo averla usata. La plastica, infatti, è un ottimo materiale, leggero, impermeabile, resistente, adattabile agli usi più diversi, la sua produzione è economica e non è immaginabile, oggi, un mondo in cui essa non sia presente. Produrne di meno, cercando di sostituirla con altri materiali laddove essa non sia strettamente indispensabile, e gestirla correttamente nella fase di smaltimento, sia a livello di istituzioni che individuale, sarebbero però due passi importanti verso la soluzione del problema.

Per far comprendere al meglio questi aspetti, a partire da Novembre 2019, abbiamo pensato di raccogliere, lavare e conservare la plastica utilizzata dal personale del Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa ed adoperarla per l'allestimento della mostra, seguendo dunque un approccio molto "personale" in linea con i concetti che volevamo sottolineare. La stessa filosofia ci ha portato inoltre ad "inquinare" con i nostri rifiuti quella che - a tutti gli effetti - è l'esposizione più rappresentativa del Museo, e che lo ha reso noto e riconoscibile in tutto il mondo, cioè la Galleria dei Cetacei. Lo shock è assicurato: plastiche di varie forme e colori "galleggiano" sulle teste dei visitatori, delineando la superficie di un mare invisibile in cui si immergono i modelli di delfini e di balene, riproducendo quello che realmente accade nei nostri oceani e mari, Mediterraneo compreso. Una speciale attenzione è stata, infatti, dedicata alla situazione del *Mare Nostrum*, dove si concentra il 7% delle plastiche che galleggiano in tutti mari e oceani del mondo, a fronte di una superficie pari a circa l'1% di tutte le acque salate.

Purtroppo, non c'è bisogno di andare troppo lontano per rendersi conto della gravità del problema, basta guardare le nostre spiagge che, specialmente in inverno, l'accumulo continuo di oggetti trasforma in vere e proprie discariche.

La Mostra e le tematiche proposte

Appena entrato nella Galleria dei Cetacei il visitatore si trova immerso in un mare di plastica e può così sperimentare il punto di vista degli animali marini (fig.1). Il forte impatto con la mostra prosegue poi con la rappresentazione artistica di un'umanità sopraffatta dalla plastica. Le icone dell'arte che nel nostro immaginario rappresentano armonia e bellezza si trasformano dall'interno, con l'intento di farci riflettere sul rischio che l'inquinamento rappresenta per il nostro immediato presente e, soprattutto, per il nostro futuro. (fig.2).

Dalla suggestione emozionale delle installazioni artistiche si passa alla razionalità dei dati scientifici con varie postazioni che informano i visitatori sullo stato dell'arte delle ricerche svolte sul nostro territorio e sulle modalità con cui gli studiosi raccolgono dati per comprendere e quantificare questo problema. Attraverso semplici giochi, le postazioni interattive introducono due concetti importanti: l'impatto degli oggetti di plastica sulla fauna marina e il tempo necessario per la degradazione dei vari materiali plastici se dispersi nell'ambiente.

Figura 1. Dettaglio del modello di beluga circondato dai rifiuti all'inizio del percorso espositivo.

Il percorso espositivo si sviluppa poi lungo tutta la Galleria dei Cetacei, introducendo via via le altre tematiche proposte: la consapevolezza di quanta plastica gettiamo ogni mese; l'impatto dell'inquinamento da plastica sugli animali e sull'ecosistema; il ruolo dei fiumi nell'inquinamento da plastica dell'ambiente marino; le diverse tipologie di plastica e le molte proprietà e pregi del materiale; il riciclo della plastica e le buone pratiche per il suo corretto conferimento.
Per sottolineare come la mostra non sia contro la plastica in sé, si è scelto di dedicare uno spazio anche agli aspetti positivi di questo materiale. Grazie alla plastica, infatti, sono stati fatti progressi enormi in tutti i campi incluso quello della salute umana: basti pensare alle protesi, agli organi artificiali e alle più varie strumentazioni mediche, fino ai più semplici guanti chirurgici.
Un video di approfondimento (realizzato in collaborazione con gli Istituti ICCOM e IPFC del CNR) illustra al visitatore le strutture e le proprietà chimiche dei diversi polimeri, genericamente conosciuti come "plastica".
Oltre alle tematiche più generali, abbiamo scelto di sviluppare alcuni temi specifici connessi con il nostro territorio, in linea con l'approccio di coinvolgimento personale che abbiamo voluto dare alla mostra. È quindi possibile non solo avere informazioni sul monitoraggio dell'inquinamento da plastica di particolari zone costiere,

parchi ed aree protette del pisano, ma anche conoscere realtà produttive locali nel settore del riciclo, alcune delle quali eccellenze nel panorama nazionale. In questo settore, in particolare, si è voluto sottolineare il ruolo fondamentale svolto dai consumatori nell'influenzare il mercato verso l'utilizzo di plastica riciclata.
Seguono poi alcune postazioni pensate per fornire ai visitatori indicazioni finalizzate ad un corretto conferimento degli imballaggi (fig.3), chiudendo poi la mostra con la problematica dei nuovi rifiuti legati alla pandemia tutt'ora in corso, in particolare guanti e mascherine.

Conclusioni

La mostra si propone di evidenziare come l'inquinamento da plastica non sia, in effetti, "un" problema singolo ma siano "tanti" problemi e, di conseguenza, esistano tanti modi di affrontarli. Negli ultimi dieci anni abbiamo assistito a una notevole crescita dell'attenzione dedicata a questo tema, non solo da parte dei mass-media ma anche dal mondo della ricerca, con numerose pubblicazioni al riguardo. Si tratta di un settore multidisciplinare che, a seconda degli aspetti, coinvolge da un lato ambientalisti, naturalisti, biologi, chimici, fisici ed ecologi, e dall'altro anche economisti, politici e diversi tipi di stakeholder.
Tra le finalità della mostra, oltre a quella di informare i visitatori sui principali problemi legati alle plastiche in mare e all'impatto che inevitabilmente avranno su di noi e sulle generazioni future, vi è anche quella di mettere in evidenza come, nella quotidianità e attraverso piccoli gesti, noi stessi possiamo contribuire direttamente e in ma-

Figura 2. La problematica dell'inquinamento da plastica ha ispirato l'artista Lorenzo Possenti che ha voluto rappresentare come essa inquini il nostro cibo e come noi, introducendola nel nostro corpo senza rendercene conto, stiamo mettendo in pericolo i nostri figli ed il nostro futuro, proponendo una propria visione di due note opere d'arte: L'Uomo Vitruviano di Leonardo da Vinci e la Venere di Botticelli.

Figura 3. *Exhibit* nel quale viene mostrato il diverso volume occupato da bottiglie non compattate e bottiglie correttamente compresse. Queste ultime risultano idonee al riconoscimento ottico da parte delle macchine selezionatrici degli impianti di riciclo.

niera determinante, se non alla soluzione del problema, a un suo drastico contenimento. Ci auguriamo dunque che la mostra possa avere un forte valore educativo non solo sulle scuole ma anche, più in generale, sulla cittadinanza, con l'obiettivo di accrescere la consapevolezza del problema e l'adozione di buone pratiche. A questo proposito, nel corso della durata della mostra, sono state previste una serie di iniziative di formazione e divulgazione: conferenze, attività didattiche, visite guidate, comunicazione tramite social network e incontri di formazione per insegnanti e mediatori culturali.

La mostra "La Plastica e Noi" è stata pensata, infatti, per essere un momento non solo di apprendimento ma soprattutto di riflessione. Riflessione su di noi e sul nostro comportamento, presente e futuro.

Ringraziamenti
Per i contributi relativi alla postazione dedicata agli approfondimenti sui diversi materiali plastici, desideriamo ringraziare Simona Bronco, Francesca Cicogna e Serena Coiai.
La mostra è realizzata con il supporto di Acque SpA, Geofor e Revet, e con la collaborazione di: Comune di Calci, Regione Toscana, UniCoop Firenze e Toscana Pallets.

scheda:

SeaCleaner – Monitoraggio dei rifiuti spiaggiati

La Scienza partecipativa per un interesse comune

Il problema dell'accumulo di rifiuti antropogenici in ambiente marino (in inglese *Anthropogenic Marine Debris* o AMD) è una delle criticità ambientali emergenti degli ultimi decenni, specialmente nelle aree costiere isolate o protette. L'interesse a tale importante problematica ha condotto allo sviluppo di un vero e proprio campo di ricerca, in recente crescita, dedicato al riconoscimento e alla quantificazione degli AMD accumulatisi in mare o presso le aree costiere. *SeaCleaner*[1] è un progetto di *citizen science*, frutto della collaborazione tra il CNR-ISMAR (Istituto di Scienze Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche) e l'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), che si occupa proprio del monitoraggio dei rifiuti spiaggiati. Nelle zone a maggior protezione, dove non è consentita una pulizia periodica delle spiagge, gli oggetti di plastica spiaggiati permangono a lungo sui litorali e sono maggiormente soggetti a fotodegradazione, frammentandosi rapidamente, e riducendosi a mesoplastiche (tra i 5mm-2,5cm) e microplastiche (≤ 5mm di lunghezza) che, mescolandosi al substrato possono produrre un flusso di particelle che scorrono nel mare aggiungendosi a quelli rilasciati direttamente dai fiumi, anch'essi agenti chiave nel rilascio di rifiuti macro e microscopici negli oceani.
Il progetto *SeaCleaner* si svolge principalmente nell'area Ligure-Toscana[2] all'interno del Santuario dei Cetacei ma, grazie al Progetto "Nautici in Blu"[3], è stato esteso all'intero territorio italiano. Avvalendosi della collaborazione di molti studenti, attraverso percorsi di alternanza scuola lavoro oltre che di associazioni di volontariato, dal 2013 ha coinvolto più di 1500 fra alunni, ricercatori e cittadini nel monitoraggio degli AMD che si trovano spiaggiati sui nostri litorali ed ancora oggi organizza attività di citizen science su queste tematiche.

Periodo e area di studio

Il progetto è attivo dal 2013 fino ad oggi, su diverse aree e con diverse modalità.
In particolare, tra il 2014 e il 2015 è stato realizzato uno studio con monitoraggi stagionali all'interno dell'areale Ligure-Toscano, in particolare in 5 aree: Area 1 - Parco Nazionale delle Cinque Terre; Area 2 - Parco Regionale di Porto Venere; Area 3 - spiaggia urbana di Lerici-SP; Area 4 - Parco Naturale Regionale di Migliarino San Rossore Massaciuccoli; Area 5 - Isola di Pianosa nel Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano. All'interno di ogni Area sono state monitorate più spiagge, per un totale di 11 spiagge.

Protocollo di monitoraggio

Il Protocollo di monitoraggio è un "foglio di campagna" che deve essere riempito durante ogni campionamento. Serve per raccoglie due tipi di informazioni: 1) generali sul tipo di spiaggia e sulla giornata in cui viene svolto il campionamento e 2) specifiche sulla tipologia, quantità e dimensione dei rifiuti spiaggiati.

Risultati

Qui riportiamo i risultati relativi ai dati raccolti durante il corso del 2014 e del 2015, nell'areale di studio Ligure-Toscano (32.154 m2), essendo questo maggiormente correlato con le tematiche presentate nella mostra "La Plastica e Noi". In questo caso, i campionamenti sono stati effettuati anche con la collaborazione di 43 studenti (per mezzo dell'alternanza scuola lavoro), che hanno rimosso e classificato 34.027 *marine litter*. Il risultato scientifico più rilevante è che nelle zone con più alta pro-

segue scheda: *SeaCleaner* – Monitoraggio dei rifiuti spiaggiati

tezione ambientale, dove è interdetta la presenza di turisti e cittadini, la concentrazione dei *marine litter* è superiore a quella riscontrata in aree meno protette o aree urbane in cui periodicamente vengono fatte le pulizie. Le aree maggiormente protette sono quindi quelle in cui la plastica permane più tempo; qui la plastica risulta esposta per un tempo più lungo agli agenti meteo-marini che concorrono ad accelerarne la frammentazione e la formazione di micro-plastiche.
Altre azioni di citizen science, sia nell'areale toscano indicato che in altre parti d'Italia, sono state svolte con l'aiuto di studenti e volontari, con la collaborazione di associazioni nazionali come Legambiente e Marevivo, associazioni locali come Acchiapparifiuti, oltre che con il gruppo inter-istituzionale del CNR *Win On Waste*.

1. Merlino S, Locritani M, Stroobant M, Mioni E, Tosi D, *SeaCleaner: focusing citizen science and environment education on unraveling the marine litter problem*. Marine Technology Society Journal, 49(4), 2015:99-118; Merlino S, *SeaCleaner Project: Monitoring Marine Litter on Beaches around the "Pelagos Sanctuary",* Human Ecology. Journal of the Commonwealth Human Ecology Council. WASTE. July 2016: 26.
2. Giovacchini A, Merlino S, Locritani M, Stroobant M, *Spatial distribution of marine litter along italian coastal areas in the Pelagos sanctuary (Ligurian Sea-NW Mediterranean Sea): A focus on natural and urban beaches*. Marine pollution bulletin, 130, 2018:140-152; Locritani M, Merlino S, Abbate M, *Assessing the citizen science approach as tool to increase awareness on the marine litter problem*. Marine Pollution Bullettin. Special issue 6IMDC, 2019.
3. Locritani M. Merlino S, Rapini M, Ceccarelli M, *"Nautici in Blu" project: educating for a blue future!*. Geophysical Research Abstracts (Vol. 21), 2019.

Attività di raccolta e classificazione dei rifiuti spiaggiati durante il Progetto *SeaCleaner* nel litorale del Parco Naturale Regionale di Migliarino San Rossore Massaciuccoli.

documenti fotografici

Deforestazioni nel Borneo
foto di Nicola Messina

Quando si parla di deforestazione pensiamo subito alla foresta amazzonica, che in effetti subisce questo vulnus in modo assai cospicuo. Ma il problema riguarda molte parti del pianeta ed è documentato dal 2014 dalla *Mappatura dello stato delle foreste sulla Terra* realizzata da Google insieme ad alcune università americane, coordinate dalla University of Maryland.
Il Borneo rappresenta un'area particolarmente interessata dal fenomeno. Proponiamo qui alcune significative fotografie di Nicola Messina che documentano la deforestazione in atto in modo molto significativo.
Il Borneo è la terza isola del mondo per superficie, divisa tra la Malesia (a sua volta spartita tra le regioni del Sabah e Sarawak), il Brunei nella parte settentrionale, l'Indonesia (nella parte meridionale, regione del Kalimantàn). La sua posizione geografica a cavallo dell'equatore fa in modo che l'isola del Borneo abbia un clima caldo-umido tutto l'anno. Presenta una grande biodiversità se paragonato a molte altre aree. Vi si trovano circa 15000 specie di piante da fiore, con 3000 specie di alberi, oltre a 221 specie di mammiferi terrestri e 420 di uccelli.
La mappatura ha rilevato che oltre l'80% delle foreste tropicali nel Borneo malese sono state pesantemente modificate dal taglio illegale di legname. Gli stati malesi di Sabah e Sarawak sono già considerati hotspot globali della deforestazione e del degrado a causa delle industrie di olio di palma e legname. Solo l'8% e il 3% della superficie terrestre nel Sabah e Sarawak, rispettivamente, è attualmente coperta da foreste intatte nelle aree protette e pochissimi ecosistemi forestali rimangono intatti. La perdita di foreste è stata parzialmente controbilanciata da un incremento di 25.978 km² delle aree verdi, frutto della ripresa naturale, della riforestazione e della creazione di piantagioni di legname industriale e palme da olio. Ma le piantagioni industriali non sono comparabili alle foreste naturali in termini di biodiversità, sequestro di carbonio o servizi ecosistemici, indicando dunque che il Borneo ha subito una drastica riduzione del proprio capitale naturale.

Deforestazioni nel Borneo: un elefante vaga nella desolazione.

Deforestazioni nel Borneo: piantagioni di palma da olio.

Deforestazioni nel Borneo: nuovi aeroporti nella foresta.

uno scatto alla natura

una sintetica catena

foto e testo di Stefano Piazzini

Scena fotografata nella calda mattina del 10 maggio 2015, lungo il sentiero che da Viacce, frazione del Comune di Fabriano (AN), conduce a Val di Ranco, sul versante orientale del Monte Cucco. L'ambiente è quello tipico dei pascoli aridi su substrato calcareo dell'Appennino Umbro-Marchigiano e la quota è circa 700 m. Fotocamera: Canon EOS 400 D; Obiettivo: Sigma 50mm f/1.4 EX DG HSMf/7.1; 1/250 sec; ISO 100.

Una pianta, un insetto e un aracnide riuniti in una catena alimentare corta, diretta e semplice.

Un produttore, l'orchidea screziata, *Neotinea tridentata*, in passato conosciuta come *Orchis tridentata*, mette a disposizione degli insetti il suo ricco e dolce nettario contenuto nello sperone, una parte a forma di tubo del suo spettacolare e vistoso fiore. Questa generosità non è però senza interesse: l'insetto che cerca di infilarsi nello sperone va a contatto con le masse polliniche e diventa un inconsapevole trasportatore di cellule riproduttive vegetali sugli altri fiori che andrà a visitare. Questa specie di orchidea non è impollinata da una sola specie di insetto, come avviene per le orchidee del genere *Ophrys*, ma attira con i suoi colori e profumi una molteplicità di impollinatori e visitatori occasionali.

Un consumatore di primo ordine, un dittero brachicero non meglio identificabile, perché già stretto tra i pedipalpi e i cheliceri del suo predatore. Questa piccola mosca era sicuramente arrivata sull'infiorescenza dell'orchidea e aveva iniziato a nutrirsi dei liquidi zuccherini prodotti dalla pianta.

Un consumatore di secondo ordine, il ragno *Thomisus onustus* (forma gialla), noto come ragno granchio, che sta già cibandosi dei liquidi corporei della mosca appena catturata e per la quale non c'è più scampo. I ragni tomisidi, tra i quali ci sono alcune forme bianche e altre mimetiche, non costruiscono ragnatele, ma sono specializzati ad assaltare le prede tendendo agguati ben occultati tra le infiorescenze.

Carlo Rovelli
Helgoland
Adelphi, Milano, 2020

È la storia di quei fisici geniali, aperti ad audaci avventure intellettuali, che nei primi decenni del secolo scorso rovesciarono l'immagine del mondo che conosciamo, mentre cercavano di decifrare il linguaggio criptico della meccanica quantistica, la nuova fisica che metteva in discussione tutte le certezze della fisica classica. Si andava delineando lo scenario enigmatico di una nuova realtà fatta di onde di probabilità, indeterminazione, strani comportamenti di particelle fantasma che sembrava non avessero identità definita, tra fenomeni di dualismo onda-particella, dialogo a distanza, presenza simultanea in luoghi diversi… La miscela incandescente di ipotesi ardite e di interpretazioni contrastanti alimentava un serrato dibattito nel gioco di squadra in cui via via si cimentavano Heisenberg, Bohr, Born, Schro¨dinger, Pauli, Jordan, Dirac e altri; sullo sfondo Enstein.

Rovelli trascina il lettore nel travaglio di idee che agitava le loro menti mentre cercavano di penetrare "uno dei più vertiginosi segreti della Natura che l'umanità abbia mai intravisto".

Il racconto inizia con Heisenberg, giovane fisico ventitreenne, che nell'assoluta solitudine della ventosa isola di Helgoland, nella confusione mentale che lo tormentava giorno e notte in modo ossessivo, continuava a pensare al bizzarro comportamento degli elettroni nel nucleo atomico ipotizzato dalle formule di Niels Bohr, il grande fisico danese che da anni cercava di carpire, insieme ad altri, i segreti dell'atomo.

Secondo il modello di Bohr, spiega Rovelli, gli elettroni orbitavano intorno al nucleo su precise traiettorie, a precise distanze, con determinate energie, e stranamente saltavano da un'orbita all' altra. A quale forza obbedivano? Perché saltavano? Come si muovevano? Niente era chiaro, nonostante questo schema concettuale funzionasse perfettamente nella previsione dei fenomeni atomici.

Heisenberg era coinvolto nel problema quando si ritirò sull'isola di Helgoland. Dopo notti agitate e insonni provò a orientare la sua indagine non su una ipotetica e determinata traiettoria dell'elettrone intorno al nucleo atomico, ma su quanto si poteva osservare dall'esterno: frequenza e intensità della luce emessa nel salto da un'orbita all'altra. Ripartì dalle formule di Bohr utilizzando tabelle di numeri tecnicamente chiamate matrici che avrebbero indicato non una posizione definita dell'elettrone su una traiettoria, ma diverse possibili posizioni nel salto da un'orbita all'altro.

Un cambio di prospettiva, un'idea rivoluzionaria che avrebbe infranto il modello strutturato dell'atomo di Bohr. "L'idea destinata a sconvolgere l'intera fisica, l'intera scienza, la nostra intera conoscenza del mondo. L'idea che l'umanità, credo, non ha ancora digerito".

"Ma questo è la scienza, un'esplorazione di nuovi modi di pensare il mondo…È la forza visionaria di un pensiero ribelle e critico capace di modificare le sue stesse basi concettuali, capace di ridesegnare il mondo da zero".

La teoria dei quanti ha chiarito le basi della chimica, il funzionamento degli atomi … il colore del cielo, i neuroni del nostro cervello…È alla base delle tecnologie più recenti: dai computer alle centrali nucleari … Non ha mai sbagliato. È il cuore pulsante della scienza odierna. Eppure resta profondamente misteriosa. Sottilmente inquietante. Ha distrutto l'immagine della realtà fatta di particelle che si muovono lungo traiettorie definite , senza chiarire come dobbiamo invece pensare il mondo… Enstein, che pure ne aveva anticipato le idee mettendo Heisenberg sulla strada, non l'ha mai digerita; Richard Feynman, il grande fisico teorico della seconda metà del XX secolo, ha scritto che nessuno capisce i quanti…

La teoria descrive la realtà a scala microscopica. Una realtà granulare e probabilistica, fatta di eventi discontinui e fluttuanti che interagiscono in modo intermittente. Noi non siamo in grado di percepire tutto questo. Nel nostro mondo tutto ci sembra continuo e determinato, senza increspature. Ma questa è una visione approssimata e sfocata (Rovelli, *La realtà non è come ci appare*, 2014).

Quale realtà? Una nuova realtà fatta di eventi che si influenzano a vicenda in una fitta rete di interazioni, spiega Rovelli. Nulla ha senso al di fuori di questa rete. Non esistono proprietà di oggetti indipendenti; le caratteristiche di ciascun evento si definiscono solo nell'interazione con un altro oggetto o un altro evento e noi facciamo parte di questa rete. È il nucleo concettuale della teoria dei quanti, la migliore descrizione della natura di cui al momento disponiamo. Il dibattito iniziato nel secolo scorso continua e coinvolge scienziati e filosofi.

Il libro si chiude con una nota poetica, tipica del lessico effervescente e appassionato di Rovelli: "L'interconnessione delle cose, il riflettersi l'una nell'altra, splende di una luce chiara che la freddezza della meccanica settecentesca non riusciva a catturare. Anche se ci lascia esterefatti. Anche se ci lascia un senso profondo di mistero."

Lucia Torricelli

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 Novecento*

2ª parte

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

In un racconto tra avventure scientifiche e cronache famigliari 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.

Levi e le cellule nervose: un antico amore dalle imprevedibili diramazioni

Con le sue ricerche sui gangli cerebrospinali, Levi fu il primo, all'inizio del '900, a esaminare in modo sistematico il problema della relazione tra grandezza delle cellule nervose e mole somatica dell'animale. Come abbiamo notato, le sue ricerche misero in evidenza la complessità di questo rapporto, che non dipendeva soltanto da fattori puramente anatomici, ma implicava caratteristiche funzionali, quali i tempi e i ritmi della divisione cellulare, i tempi e i modi della crescita corporea. L'interesse di Levi per il sistema nervoso era stato molto precoce, risalendo alle sue prime ricerche, quando, ancora studente, lavorava insieme a Gino Galeotti nell'Istituto di Patologia Generale di Firenze diretto da Alessandro Lustig, e si era poi consolidato negli anni in cui – subito dopo la laurea – fece ricerche nella Clinica Psichiatrica di Firenze, insieme con grandi studiosi del sistema nervoso,

* Questo articolo è parte di un capitolo di un volume curato da Marco Piccolino, in corso di pubblicazione da Edizioni ETS di Pisa (© Marco Piccolino: ne è vietata la riproduzione e la diffusione totale o parziale senza l'esplicita autorizzazione di Marco Piccolino).
La prima parte dell'articolo è stata pubblicata nel n. 0 di Naturalmente scienza www.naturalmentescienza.it/NATrivista/2020-7-NATrivista_0.pdf

come Eugenio Tanzi ed Ernesto Lugaro. È certo comunque che gli studi sulla grandezza delle cellule nervose, condotti in modo sistematico a partire dal 1906, contribuirono a rafforzare in lui la passione per la neuroistologia. In particolare, essi furono un elemento importante del suo grande interesse per lo studio dei meccanismi della riproduzione e differenziazione dei neuroblasti nel corso dell'embriogenesi, e anche per l'investigazione dei rapporti anatomo-funzionali che le cellule nervose stabiliscono tra di loro e con le altre cellule dell'organismo[1].

Un'importante ricaduta dell'attenzione di Levi per il sistema nervoso fu indubbiamente la sua messa a punto della tecnica delle colture cellulari, che egli sviluppò nel 1916, proprio negli anni di Palermo, sulla scia delle ricerche condotte a partire dal 1907 dall'embriologo statunitense Ross Granville Harrison[2]. E non si va lontano dal vero dicendo che è dalle varie diramazioni delle ricerche di Levi e della sua scuola, nate sull'onda dell'interesse per i fattori che sono alla base della grandezza dei neuroni, che si svilupperà poi quel cammino di ricerca che – a partire dagli anni delle leggi razziali e della guerra – porterà una sua brillante allieva, Rita Levi-Montalcini, a iniziare gli studi destinati a concludersi, molti anni più tardi, con la scoperta del fattore della crescita neurale (NGF nell'abbreviazione inglese)[3].

Il terreno dal quale si svilupparono le ricerche dell'allieva, sia dal punto di vista delle linee di investigazione che delle metodiche e approcci sperimentali, si nutriva infatti dell'interesse del maestro per i meccanismi della moltiplicazione, differenziazione e crescita delle cellule nervose, sia in condizioni fisiologiche che dopo manipolazioni sperimentali, stimolato dagli studi sulla relazione tra grandezza dei neuroni e mole corporea. Oltre allo sviluppo delle cellule in coltura (di cui Rita farà un uso magistrale tra 1952 e 1953 in una fase cruciale delle sue ricerche), nel solco degli studi sui meccanismi alla base della regolazione della grandezza neuronale, Levi e la sua scuola avevano sviluppato un grande interesse per l'embriologia e per la biologia sperimentale, entrambi settori fondamentali del bagaglio culturale e metodologico che Rita porterà con sé negli Stati Uniti.

A proposito delle ricerche di biologia sperimentale di grande rilevanza per il tema della grandezza cellulare, fiorite nella scuola di Levi, è da ricordare in particolare un brillante esperimento eseguito nel 1920 da Tullio Terni, il primo suo allievo, il quale si era già interessato del problema nel 1915, con uno studio sugli invertebrati. Nell'esperimento del 1920 condotto in un piccolo rettile, il gongilo ocellato, *Chalcides ocellatus*, Terni asportò la coda a vari livelli della colonna vertebrale e attese poi che rigenerasse. Il moncone neoformatosi veniva innervato dalle ultime due o tre paia di gangli spinali al di sopra del livello della lesione, le cui cellule emettevano collaterali che andavano a innervare così nuovi territori sensoriali, oltre a quelli di loro normale pertinenza. In queste cellule lo studioso notò un significativo aumento del volume cellulare, che correttamente imputò "al grande aumento verificatosi nel territorio periferico che ciascuna di esse innèrva", traendone la conclusione che si trattava di "una vera e propria ipertrofia cellulare nervosa tardiva, causata da stimoli formativi eccezionali"[4].

Ancora più importante per i futuri studi della Levi-Montalcini è stato indubbiamente l'interesse di Levi (nato indubbiamente nel solco delle ri-

1. Amprino R, *Giuseppe Levi (1872-1965)*, Acta Anatomica, 66:1-44, 1967; Grignolio A, De Sio F, *Uno sconosciuto illustre: Giuseppe Levi tra scienza, antifascismo e premi Nobel*, Medicina nei Secoli, 21(3): 847-913, 2009; Grignolio A (a cura di), Medicina nei Secoli, 30 (1):1-445, 2018; Piccolino M (a cura di), *Ritratti di scienziati: Rita Levi-Montalcini*, Pisa, ETS, (in corso di stampa), 2020.

2. Harrison RG, *Observations on the living developing nerve fiber*, Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine, 4:140-143, 1907; Levi G, *Differenziazione "in vitro" di fibre da cellule mesenchimali e loro accrescimento per movimento ameboide*. Monitore zoologico italiano, 27:77-84, 1916a; Levi G, *Migrazione di elementi specifici differenziati in colture di miocardio e di muscoli scheletrici*. Archivio di Scienze mediche, 40:14-21, 1916; Levi G, *Sull'origine delle reti nervose nelle colture di tessuti*, Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei, Serie 5, 25: 663-668, 2016c.

3. Levi-Montalcini R, *Elogio dell'imperfezione*. Milano, Garzanti, 1987.

4. Terni T, *Sulla correlazione fra ampiezza del territorio di*

cerche sul controllo della crescita neuronale), per l'embriologia sperimentale, e, in particolare, per lo sviluppo delle cellule nervose nell'embrione di pollo, a cui Rita fu avviata nei suoi primi anni di ricerca a Torino. In questo ambito si svilupparono nei primi anni '40 del '900 gli studi condotti da allieva e maestro (in questo caso nel ruolo di collaboratore secondario come egli stesso riconosce in una lettera del marzo 1959 a Viktor Hamburger) sugli effetti indotti nelle cellule nervose dall'ablazione di tessuti periferici nel corso dell'embriogenesi. Ricerche che, dopo la guerra, Rita Levi-Montalcini continuerà negli Stati Uniti, proprio nel laboratorio di Hamburger, arrivando negli anni '60 del '900 alla sua straordinaria scoperta dell'NGF.

Levi e le cellule nervose del pesce luna: il fascino barocco dell'apparato fenestrato e la sua importanza funzionale

Tornando al tema proprio delle indagini di Levi sulle cellule nervose in animali di grosse dimensioni e, in particolare, sul pesce *Orthagoriscus mola*[5], è particolarmente importante il modo in cui egli rende ragione dello sviluppo di quello speciale "apparecchio fenestrato complicatissimo e molto esteso" a cui egli allude nella memoria del 1919 sugli esemplari più grandi di pesci studiati a Palermo[6]. Osservando queste modificazioni, Levi mette in evidenza come la crescita del corpo cellulare non avvenga nelle grandi cellule in modo semplice, mantenendosi forma e proporzioni rispetto alle cellule piccole, con un semplice cambiamento della scala. Nelle cellule grandi, il citoplasma assume forme molto singolari per lo sviluppo di strutture che egli indica come "lobulazioni", "canalicoli" "trabecole", "fenestrazioni", "fibre clavate" (e che ora sono indicate più comunemente come "parafiti", con un termine introdotto nel 1906, in altro contesto, dall'istologo francese Jean Nageotte, e che serve a distinguere queste formazioni singolari dai più comuni processi nervosi, i dendriti e gli assoni, a cui è attribuita la denominazione di "ortofiti"). Alcune delle formazioni osservate da Levi nelle cellule di grandi dimensioni sembrano attraversare il protoplasma, e quasi lacerarlo, facendo assumere ai contorni cellulari il carattere di una rete molto intricata che in alcuni casi simula le maglie di una rete dendritica.

Dinanzi a queste formazioni, indubbiamente Levi sente, come morfologo, l'attrazione per queste strutture 'lussuriose' e 'barocche' delle cellule nervose grandi, presenti, come abbiamo già notato, anche nei grossi mammiferi e in alcuni rettili, raffigurandole in alcune nelle numerose figure (oltre 400 come sappiamo) che illustrano l'articolo del 1908[7] (e anche in una tavola della memoria del 1919). Egli non si limita però alla sola osservazione, ma va oltre il puro dato morfologico e sviluppa a riguardo importanti considerazioni di natura biologico-funzionale.

Levi si rende ben conto di come una crescita smisurata ponga dei problemi di ordine metabolico per i neuroni che sono tra le cellule a consumo di energia più elevato nei vertebrati. Gli scambi metabolici (di nutrienti, prodotti del catabolismo, di acqua e dei gas fondamentali per la vita cellulare, cioè ossigeno e anidride carbonica) avvengono attraverso la membrana plasmatica, e – con un eccessivo aumento delle dimensioni cellulari – si determinerebbe, per ragioni puramente geometriche,

innervazione e grandezza delle cellule gangliari. 2. Ricerche sui gangli spinali che innervano la coda rigenerata, nei Sauri (Gongylus ocellatus), Archivio italiano di anatomia e di embriologia, 17:507-543, 1920.

5. Nome scientifico aggiornato: *Mola mola.*

6. Levi G, *Nuovi studi sull'accrescimento delle cellule nervose. Ricerche in* Orthagoriscus mola, Atti della Reale Accademia delle Scienze, Lettere e Arti di Palermo, 11:3-11, 1919.

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

una condizione sfavorevole all'interscambio tra il protoplasma e il microambiente extracellulare.
Questo avviene in quanto la massa cellulare aumenta con il cubo del raggio, mentre la superficie aumenta invece con il quadrato, e, di conseguenza, il rapporto superficie/volume diminuisce di dieci volte ogni volta che il raggio diventa dieci volte più grande. Per far fronte a queste difficoltà fisico-chimiche legate alle variazioni delle dimensioni, le cellule devono porre in atto accorgimenti opportuni, in grado di aumentare la superficie cellulare ed evitare così una riduzione del suo rapporto con il volume, tale da pregiudicare le funzioni metaboliche. È proprio ciò che si realizza con le varie espressioni di quello che Levi indica come "apparecchio fenestrato complicatissimo e molto esteso"[8]. Nell'articolo del 1908, dopo aver menzionato le leggi della geometria che impongono limiti alle dimensioni massime delle cellule, egli scrive che "le variazioni della grandezza delle cellule in generale [sono] contenute entro limiti relativamente ristretti"[9]. Ponendo l'accento sulle differenze biologiche tra gli elementi cellulari che mantengono la loro capacità di divisione anche negli individui adulti (elementi stabili e labili), rispetto agli elementi che (come i neuroni) sono normalmente incapaci di riprodursi dopo la nascita, Levi continua dicendo:

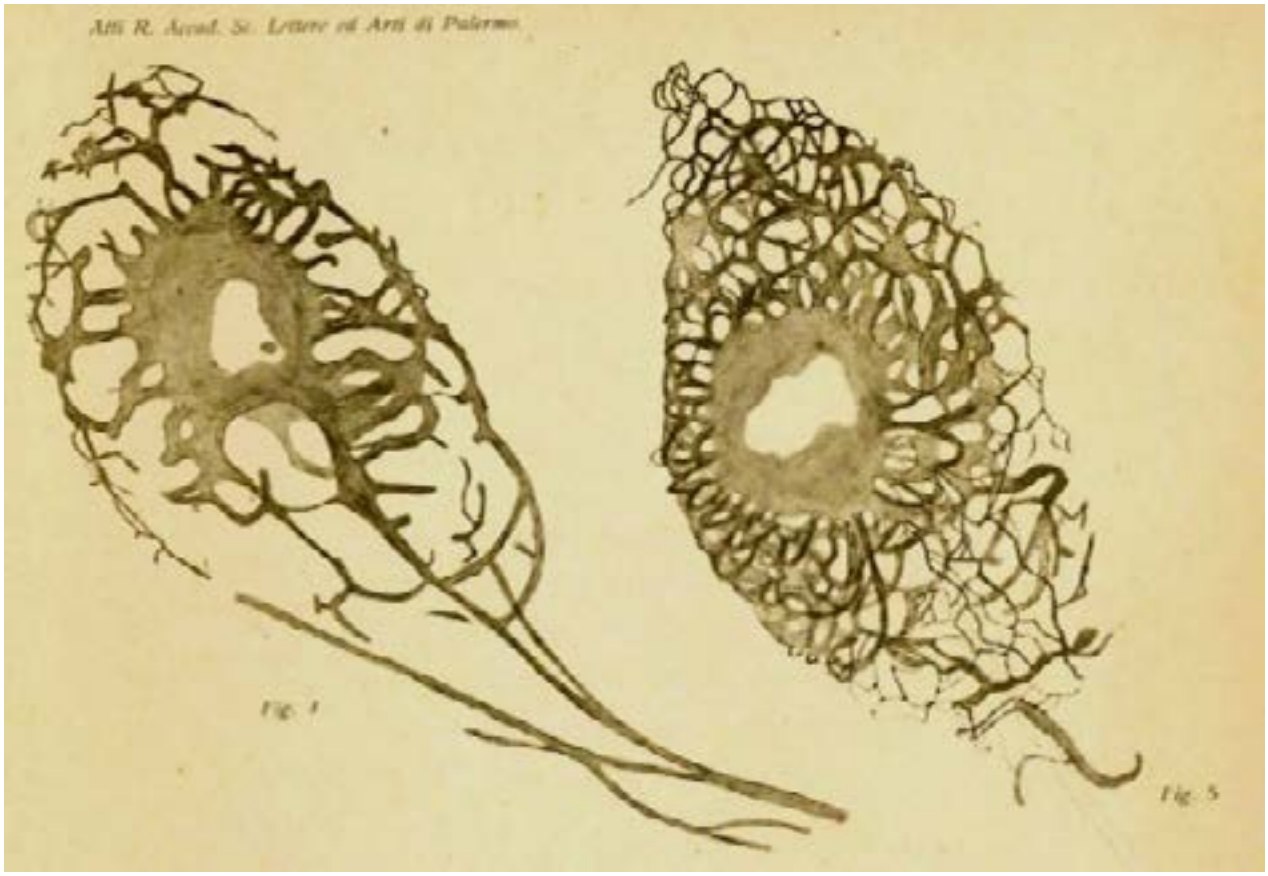


Figura 1. Le due grosse cellule nervose del pesce luna da 80 chilogrammi che Levi illustra nella sua memoria del 1919, mettendo in evidenza la complessità delle formazioni in cui si sviluppa il corpo cellulare.

8. *Ibidem.*

9. *Ibidem*, 313.

> Negli elementi stabili e labili gli stessi stimoli trofici che provocano l'accrescimento della cellula, ne determinano la divisione, quando essa è prossima a raggiungere la sua grandezza limite. Questo non può naturalmente accadere in elementi che, come i nervosi, hanno perduto la capacità di dividersi, sin dai periodi più precoci della loro evoluzione; e perciò quando per effetto di stimoli informativi molto intensi, quali sono quelli che caratterizzano lo sviluppo degli animali di grande mole, la cellula gangliare sorpassa la sua grandezza limite, essa tende a raggiungere una forma che meglio della sferica ne favorisca la nutrizione, e a tale condizione rispondono appunto le reti e le fibre clavate per l'aumentata superficie in confronto alla massa, e anche per gl'intimi loro rapporti con la capsula connettivale[10].

E sottolinea, subito dopo, le grandi necessità metaboliche delle cellule nervose, che rendono ancora più imperativi adattamenti morfologici atti a controbilanciare le sfavorevoli situazioni biologiche che si verrebbero a creare con aumenti eccessivi delle dimensioni cellulari.

> Una circostanza ci rende anche meglio ragione della necessità di speciali adattamenti morfologici atti a favorire la nutrizione di questi elementi; che alla normale funzionalità delle cellule nervose in genere è indispensabile, più che a qualsiasi altro elemento, un perenne ed abbondante afflusso di materiali nutritivi liquidi e gassosi; una dimostrazione palese ne è data dalle rapidissime e profonde alterazioni che vi determina la soppressione della circolazione sanguigna.

Tre decenni dopo queste prime ricerche di Levi sui gangli cerebrospinali, formazioni analoghe furono osservate a Torino nell'Istituto da lui diretto, in cellule nervose in coltura da due giovani ricercatori originari di Berlino, entrambi di famiglia ebraica, sebbene di estrazione sociale diversa (di famiglia modesta la prima, di estrazione altoborghese il secondo), ed entrambi in fuga dalla Germania a seguito delle leggi razziali promulgate dal regime nazista, Hertha Meyer e Wolfgang Jablonski (sulla Meyer e su Jablonski, e su altri ricercatori ebrei che Levi ospitò nel suo Istituto in quegli anni difficili, ritorneremo in un prossimo numero di *Naturalmente Scienza*). I due studiosi riuscirono a coltivare per lungo tempo in vitro gangli spinali espiantati da embrioni di pollo di 9-14 giorni, utilizzando la tecnica basata sull'uso delle fiaschette di Carrel, messa a punto da Albert Fischer e da Raymond Crandall Parker[11]. La Meyer era molto esperta delle metodiche di coltivazioni in vitro che aveva appreso da Fischer stesso lavorando, nel periodo 1926-1930, come tecnica nel suo laboratorio al *Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie* di Berlino, una delle più prestigiose istituzioni scientifiche dell'epoca.

Nelle loro culture Meyer e Jablonski notarono che, prolungando il tempo di incubazione (fino a oltre quattro mesi), le cellule dei gangli crescevano progressivamente di dimensioni. Mentre nell'embrione, il pericario di queste cellule ha una forma regolare e di tipo sferoidale (e simile è la forma nelle prime fasi della coltura, quando le cellule hanno dimensioni modeste), nelle fasi avanzate della coltura compaiono alla periferia del corpo cellulare lobulazioni complesse e il protoplasma assume un aspetto fenestrato. Queste formazioni che, mancano nelle cellule dei gangli normali del pollo sia allo stato embrionale che nell'adulto, sono analoghe – secondo i due autori – alle formazioni descritte in precedenza da Levi nei grossi mammiferi, nelle testuggini e nell'*Orthagoriscus*; esse hanno probabilmente lo stesso significato metabolico funzionale, cioè di permettere un aumento della superficie cellulare, in modo tale che "vengano raggiunte condizioni più favorevoli per la nutrizione delle cellule di quelle che sarebbero state possibili con una semplice periferia rotonda"[12]. L'importanza di questi studi in riferimento alle conclusioni di Levi sulle leggi che regolano dimensioni e forma della

10. *Ibidem.*

11. Meyer H, Jablonski W, *Langdauernde Züchtung von Nervenzellen in vitro*, Rivista di Biologia, 22: 3-8, 1937; Meyer H, Jablonski W, *Cultivation of nerve cells in vitro over a long period. Second note*, Journal of Anatomy, 72:62-65, 1937.

12. L'originale è in inglese, sebbene la rivista sia italiana (*Rivista di Biologia*), e – come

cellula sta nel fatto che essi mostrano come le particolari modificazioni della superficie cellulare, notate dallo scienziato torinese nelle grosse cellule di animali di grandi dimensioni, non sono tanto fenomeni specifici di particolari animali, ma possono prodursi in qualsiasi specie allorché – con l'eccessiva crescita del pericario – rischia di alterarsi il delicato equilibrio metabolico assicurato da un rapporto ottimale tra superficie e volume cellulare.

Nella letteratura scientifica viene indicata come "legge di Levi" la norma che stabilisce la correlazione tra grandezza somatica delle cellule nervose e mole dell'animale, proprio per l'importanza degli studi di Levi in questo ambito, sebbene personalmente lo studioso non avesse mai usato questa espressione nei suoi scritti.

Come abbiamo cercato di mostrare in questo articolo, non si trattava di una pura legge anatomica, ma di un principio che ha importanti implicazioni funzionali, e che, come abbiamo detto, fu storicamente uno degli elementi del grande interesse di Levi e della sua scuola per la biologia delle cellule nervose, contribuendo a tenere alto il livello degli studi italiani in questo settore, anche in anni difficili per la cultura e la scienza, come quelli del fascismo. Esponendo, in questo articolo, le ragioni che indussero lo studioso a interessarsi di queste problematiche, e delineando in modo sommario le sue conclusioni, ci siamo sforzati di far luce su un capitolo importante della biologia del '900, ora quasi dimenticato.

Vi è un'altra ragione che è alla base di questo nostro scritto. Essa è in relazione con un fatto singolare. Attraverso le vie misteriose della storia minore, è sopravvissuto e giunto fino a noi uno dei vetrini istologici degli studi condotti da Levi su questo tema, utilizzando, per colorare le cellule nervose, il metodo dell'argento ridotto di Cajal (nella modificazione messa a punto da Fernando de Castro Rodríguez, allievo dello scienziato spagnolo). La storia di questo vetrino è narrata in dettaglio nell'appendice a questo articolo, scritta da Dario Cantino e intitolata *Storia di un vetrino*. Vi sono pochi dubbi che il vetrino contenga le sezioni di un ganglio spinale eseguite nell'Istituto di Anatomia di Palermo da Levi, nello studio del pesce luna più grande che egli ottenne nel 1915 – come sappiamo dal direttore della tonnara di Trabia, "il Cavalier Dentici".

In effetti, il confronto tra una delle figure della memoria del 1919 che porta il disegno di un'immagine ad alto ingrandimento del neurone del

Figura 2. Un'immagine d'epoca dell'odierna via Volturno a Palermo, vista da Porta Carini, con, a sinistra, il bastione dell'Aragona. Oltre il bastione (demolito nel 1935, in epoca fascista) c'era un terrapieno con il vecchio giardino botanico e alcuni edifici dell'università, tra cui quello dell'Istituto di Anatomia. Fu in questo luogo che Levi studiò le cellule dei gangli sensitivi nel pesce luna, e, inoltre, mise a punto (primo in Italia) la tecnica di coltura di cellule in vitro (foto scattata nel 1899 da Emanuele Giannone; per gentile concessione di Luca Cono Drago ©).

sappiamo – gli autori tedeschi. Dopo aver descritto le modificazioni della superficie cellulare Meyer e Jablonski scrivono: "*By this change of outline their surface increases, more favourable conditions for the nutrition of the cells are attained than would have been possible in big cells with simple round periphery*".

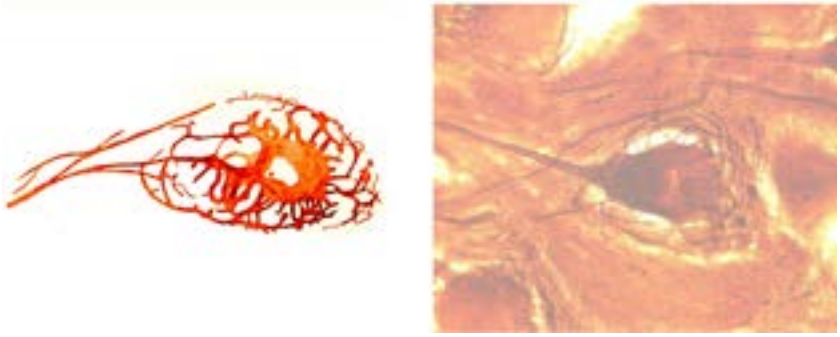


Fig. 3. Confronto tra il disegno (a sinistra) di una delle due cellule del pesce luna da 80 chilogrammi studiato da Levi a Palermo e la microfotografia (a destra) eseguita recentemente sul vetrino giunto fino a noi (microfotografia di Dario Cantino ©).

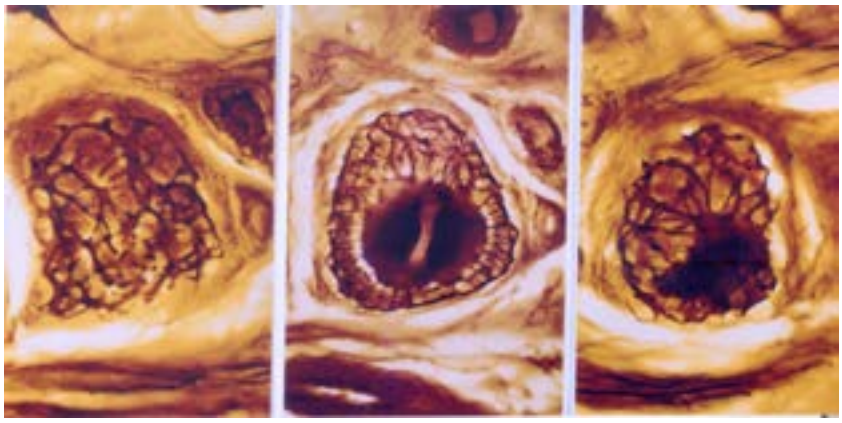


Figura 4. Tre microfotografie a successivi piani focali di un vetrino di Levi con immagini di un neurone dei gangli sensitivi di pesce luna che permettono di apprezzare lo sviluppo dell'apparato fenestrato, caratteristico del corpo di queste cellule. Metodo dell'argento ridotto di Cajal-De Castro. (microfotografie di Antonio Barasa ©).

più presto possibile dopo l'arrivo perché lo "stato di conservazione" era uno dei fattori più importanti del successo delle procedure istologiche). Cosa particolarmente sorprendente questo apparente ritardo per un personaggio come Levi capace di lavorare a un ritmo decisamente intenso, e – secondo la testimonianza di allievi e colleghi – pressoché insensibile alla fatica fisica.

Uno dei fattori che certamente contribuiscono a spiegare il ritardo è il fatto che nel 1915 Levi era occupato a sviluppare la metodica delle cellule in coltura, che per le sue complessità tecniche e più

pesce luna di 80 chilogrammi, con una foto scattata recentemente sul vetrino giunto fino a noi, sembra confermare l'identificazione (cfr. fig. 3). Negli anni '50 del '900, alcune sezioni dei preparati sullo stesso pesce sono state fotografate da Antonio Barasa, che nel 1960 ha pubblicato, sotto l'attenta ed esigente supervisione dello stesso Levi, uno studio sulla grandezza delle cellule nervose nella corteccia cerebrale di mammiferi di diversa mole corporea, dal topo al cavallo[13]. Anche in queste immagini è chiaramente visibile l'apparato fenestrato descritto nelle cellule del pesce luna pescato nella tonnara palermitana (fig. 4).

Una ricerca ritardata, la storia e la memoria

Riguardo all'epoca della ricerca di Levi, ci potremmo porre il problema delle ragioni per cui si concluda nel 1919 una ricerca iniziata certamente nel 1915 (i gangli dovevano essere fissati il

presto possibile dopo l'arrivo perché lo "stato di conservazione" era uno dei fattori più importanti del successo delle procedure istologiche). Cosa particolarmente sorprendente questo apparente ritardo per un personaggio come Levi capace di lavorare a un ritmo decisamente intenso. Uno dei fattori che contribuiscono a spiegare questo ritardo è il fatto che nel 1915 Levi era occupato a sviluppare la metodica delle cellule in coltura, che per le sue complessità tecniche e sperimentali richiedeva da lui un grande impegno fisico e intellettuale (fig. 5). Nel periodo 1916-1919 egli

13. Barasa A, *Forma, grandezza e densità dei neuroni della corteccia cerebrale in mammiferi di grandezza corporea differente*, Zeitschrift für Zellforschung, 53:69-89, 1960.

14. Cfr. la bibliografia di Levi in Amprino, cit.

Figura 5. Un vetrino originale di Giuseppe Levi con cellule in vitro coltivate con il sistema della "goccia pendente" messo a punto da Harrison nel 1907, che Levi aveva sviluppato e perfezionato negli anni di Palermo. La coltura, in forma di goccia, viene allestita su un vetrino coprioggetto, che viene poi rovesciato e sigillato su un vetrino portaoggetti fornito di incavo. Nel caso di questo vetrino, la coltura è stata poi staccata, fissata e colorata con il metodo di Cajal-De Castro e, quindi, reincollata sul portaoggetto (© Antonio e Davide Barasa).

pubblica, infatti, una quindicina articoli basati sull'uso di tessuti e cellule coltivati al di fuori dell'organismo[14]. L'altro fattore è certamente l'irruzione nella nostra piccola storia, della grande e drammatica storia del Novecento. Come apprendiamo dal libretto personale intestato a Levi del "Comitato provinciale di Torino della Croce Rossa Italiana", l'undici di agosto del 1916, egli viene "chiamato in servizio nel personale della C.R.I. e contemporaneamente collocato fuori quadro a disposizione della Sanità Militare"; lo stesso giorno gli viene riconosciuto "il grado di Medico Capo (CAPITANO) con decreto legge del 18/2/1917"; e poi, "il 15 agosto 1916", Levi viene "assegnato per mobilitazione alla 18ª Sezione Sanità" e subito condotto "in territorio dichiarato in stato di guerra". Levi rimarrà in servizio nella Sanità Militare per tutta la durata della Grande Guerra, prima come Capitano, e poi (dal 31 maggio 1917) come Maggiore, e verrà congedato il 2 maggio del 1918[15].

Queste poche note nel linguaggio della burocrazia militare dell'epoca rendono ampiamente ragione del tempo che trascorre tra l'arrivo del grosso pesce nei locali dell'Istituto di Anatomia di Palermo (allora collocato nella zona di Porta Carini, come Levi stesso ricorda in una lettera ad Amprino del 1960) e la pubblicazione della ricerca. Con tutta probabilità egli aveva subito fissato i gangli, e, verosimilmente, li aveva presto colorati e sezionati, ma aveva dovuto rinviare lo studio vero e proprio, e la pubblicazione, a tempi più propizi. Ricordando che, poco prima della mobilitazione, si era verificato un avvenimento importante per la vita famigliare di Levi. Sua moglie Lidia Tanzi aveva dato alla luce, il 14 luglio 1916, una bambina, Natalia, l'ultima dei cinque figli della coppia.

In *Lessico famigliare*, il libro scritto molti anni dopo da quella che rimarrà per sempre la piccola di casa (Natalia era di sette anni più piccola del minore dei suoi fratelli, Alberto), "il Professore" emerge – insieme con sua moglie – in memorabili episodi in cui la vita quotidiana di casa Levi si interseca con la grande storia del '900.

Abbiamo iniziato il nostro testo proprio seguendo il volume di Natalia, e in particolare la narrazione, fatta da Lidia alla figlia nel corso di lezioni fa-

15. Il libretto della Croce Rossa Italiana si trova stranamente inserito in calce a una biografia anonima di Levi pubblicata sul Portale dell'Ebraismo Italiano alla pagina: http://moked.it/ame/files/2017/12/LeviGiuseppe2.pdf.

migliari di geografia, della ricerca infruttuosa dei gangli delle balene. Una ricerca che aveva condotto il padre in una lontana isola dei mari del nord, spinto da un interesse che noi abbiamo in parte condiviso, e che abbiamo qui cercato di spiegare, e forse anche di suscitare, nei nostri lettori.

Da un altro punto di vista, nel corso della nostra ricerca tra storia e scienza ci siamo resi conto con una certa sorpresa, di come, mentre di moltissime cose ed eventi si perde nel corso di pochi anni la traccia, è possibile a volte ritrovare i fili di una storia come questa, che idealmente porta, attraverso un grande capitolo della biologia del '900, dalla pesca di un animale singolare nelle acque della Sicilia, a un vetrino istologico che ancora possiamo guardare e studiare al microscopio.

Sull'imprevedibilità della storia e della memoria, si è interrogato un grande scrittore del '900 la cui opera circolava in casa Levi, soprattutto per le letture che ne faceva il *coté* letterario della famiglia (la madre Lidia, e la maggiore delle figlie, Paola, e poi Natalia) e anche, tra i frequentatori della casa, Tullio Terni, e un "proustiano fervente" di cui Paola si era innamorata (Giacomo Debenedetti). In *A l'ombre des jeunes filles en fleurs*, uno dei volumi della *Recherche du temps perdu*, Proust ci ricorda come, per l'imprevedibilità della storia, siano potuti giungere fino a noi, dopo millenni, i testi di scarso valore di un mediocre poeta egiziano o la lista dei partecipanti a una battuta di caccia organizzata per il re Assurbanipal, dieci secoli prima di Cristo.

In un modo per certi versi analogo, il destino ha voluto che un esemplare di *Orthagoriscus mola* di 80 chili, pescato nel 1915 in una tonnara palermitana non sia finito – seguendo un ordinario e prosaico destino – sui banchi del mercato cittadino, e quindi su qualche tavola imbandita, ma sia servito per uno studio scientifico; e che addirittura una parte dei suoi tessuti sia anche giunta fisicamente fino a noi "in ottimo stato di conservazione", per parafrasare le parole di Levi.

E che noi abbiamo potuto scriverne la storia. ●

Figura 6. Lidia Tanzi con i figli, in una foto eseguita molto probabilmente all'inizio degli anni '20 del Novecento a Torino, la città in cui la famiglia Levi si trasferisce nel 1919, quando Natalia ha tre anni. Lidia è al centro della foto con Natalia bambina appoggiata a lei. Gli altri figli sono – da sinistra a destra – Gino, Paola, Mario e Alberto (© Archivio Levi-Ginzburg).

Ringraziamenti

Questo lavoro non sarebbe stato possibile senza l'aiuto sollecito e competente di Livia Iannucci e Daniele Ronco, rispettivamente bibliotecaria e archivista dell'Università di Pisa. È grazie a loro che ci è stato possibile ottenere, in tempi estremamente rapidi, copie di articoli di difficile reperibilità, e questo – oltre a rendere più spedito il cammino della nostra ricerca – ci ha molto stimolato nell'approfondirla nei limiti delle nostre possibilità. Il loro aiuto ha, in qualche modo, materializzato per noi una ideale biblioteca virtuale a cui abbiamo attinto senza restrizioni. Grazie a Paolo Mazzarello, che ha letto varie versioni di questo testo e ha contribuito a migliorarlo con il suo aiuto e la sua discussione. Grazie anche a Vincenzo Terreni per averci incoraggiato in questa ricerca.

Grazie, infine, a Carlo Ginzburg e a Luca Cono Drago per le preziose immagini che hanno messo gentilmente a nostra disposizione.

APPENDICE

Storia di un vetrino

di Dario Cantino

Figura 7. A sinistra: Vetrino giunto fino a noi, con le sezioni di un ganglio del pesce luna studiate da Giuseppe Levi negli anni del suo soggiorno a Palermo. A destra: L'etichetta attaccata al vetrino, ruotata per rendere meglio leggibile la scritta.

Nel dicembre del 1991, il prof. Guido Filogamo, nel lasciare, il giorno precedente il suo pensionamento, lo studio del Direttore dell'Istituto di Anatomia Umana Normale, dove si era trasferito nel 1979 quale successore del prof. Francesco Loreti, mi fece dono di una piccola scatola per preparati istologici, che aveva avuto in omaggio dal prof. Giuseppe Levi.

Fra questi 'vetrini' (in prevalenza preparati ottenuti con tecniche di impregnazione argentica e, altri, con la reazione 'nera' secondo il metodo di Golgi) ne trovai, controllando al microscopio i preparati, uno in particolare che pensai valesse la pena conservare.

Questo vetrino era identificato da una etichetta e conteneva 12 sezioni longitudinali di un ganglio con l'emergenza delle due radici (centrale e periferica) sezionate a breve distanza dal ganglio fusiforme (fig. 7). Delle 12 sezioni, due in particolare permettevano di individuare, perfettamente impregnati con la tecnica secondo il metodo Cajal-De Castro, una serie di neuroni, uno dei quali è raffigurato nella Fig. 3. Come si vede da questa figura le immagini di alcuni di questi neuroni risultavano perfettamente sovrapponibili ai disegni che illustravano i lavori di Levi (il *Trattato di Istologia* nell'edizione del 1954, sul quale avevo preparato l'esame di Istologia ed Embriologia Generale nel 1957 e i lavori consultati più tardi, lavorando nell'Istituto di Anatomia Umana Normale dell'Università di Torino negli anni successivi, incluso molti anni più tardi l'articolo pubblicato da Levi nel 1919).

Lo studio di quel vetrino venne approfondito nel 2009, documentando una parte dei neuroni gangliari con una serie di microfotografie, delle quali due sono presentate nella Mostra di Fotografia Scientifica tuttora visitabile presso l'Istituto "A. Mosso" al Col d'Olen dal 2010 a oggi.

Ritornando a oggi, la scritta ben visibile sull'etichetta del vetrino:

O. 80k.
G spin O
2°

lascia pochi dubbi sulla identificazione del preparato giacché sembra ovvio che la "*O*" sta per *Orthagoriscus*; "*80k*" indica verosimilmente il peso di 80 chilogrammi dell'animale; "*G spin O*" sta per ganglio spinale di *Orthagoriscus*, mentre "*2°*" si riferisce al livello del ganglio prelevato e preparato. Si tratta evidentemente di sezioni del pesce che Levi aveva ricevuto nel 1915, a Palermo, dalla tonnara di Trabia e di cui aveva pubblicato le osservazioni nel 1919, negli Atti dell'Accademia del capoluogo siciliano.

Pochi o nessun dubbio sulla identità e sulla paternità del preparato, nonché dell'etichetta, lasciano il carattere "*G*", e la "*p*" di "*spin*", ricorrenti tali quali nella firma autografa di Giuseppe Levi in calce a vari tipi di documenti e scritti autografi personali.

L'esame dei neuroni impregnati permette di identificare vari neuroni in totale, alcuni dei quali ricorrono, senza grandi dubbi, nelle immagini disegnate che corredano i lavori a stampa di Giuseppe Levi, e in particolare nelle figure del lungo articolo di rassegna, *Wachstum und Körpegrösse* pubblicato nel 1925, nelle varie edizioni del *Trattato di Istologia* (immagini la cui prima pubblicazione era avvenuta nel 1919, negli *Atti dell'Accademia Reale di Palermo*).

Delle cellule gangliari, perfettamente identificabili all'esame microscopico a luce trasmessa in campo chiaro, è attualmente in corso lo studio con metodi di ricostruzione di immagine, oltre la più ovvia documentazione video sui differenti piani di messa a fuoco. L'intento (fra gli altri) è quello di definire il volume dei corpi cellulari e delle loro appendici e fenestrature, e di calcolare la superficie cellulare, quale, in ogni caso, valutabile con la cautela implicita nello studio di materiale che ha subito una naturale deformazione con le tecniche di preparazione del tessuto, ma che può rendere una idea sufficientemente precisa della reale forma e delle dimensioni delle cellule identificabili nel tessuto in esame.

Come si nota, una storia non comune, in grandissima parte trasparente come il vetrino, opera dell'ingegno di un uomo eccezionale, e lunga più di un secolo.

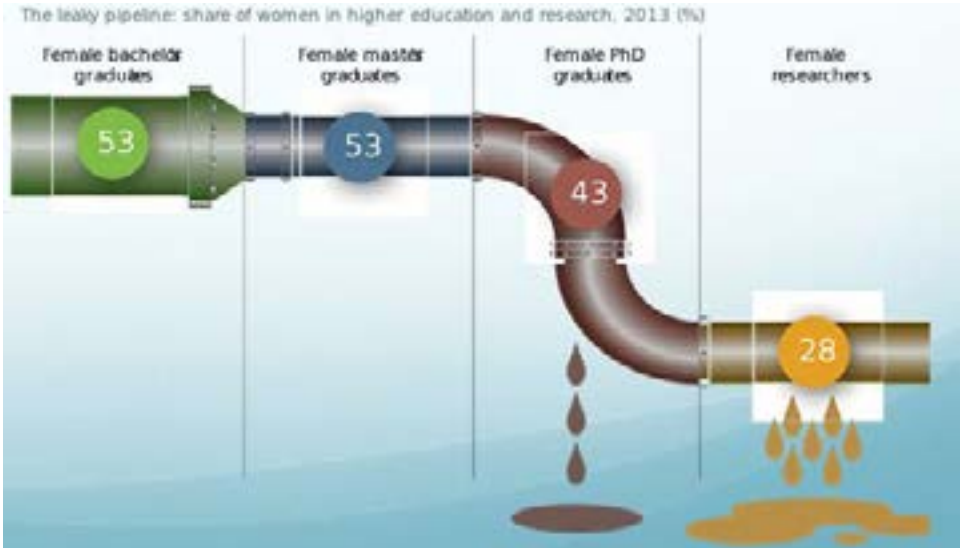
Questioni di genere in ambito scientifico

Antonella Cecchettini

Il numero delle donne impegnate in ambito scientifico è aumentato negli anni, ma le ricercatrici continuano a rimanere ai livelli meno retribuiti e influenti. I dati ci dimostrano che il divario di genere probabilmente persisterà ancora per generazioni, particolarmente nelle discipline STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Nel 2020, in un ambiente culturalmente "avanzato" come quello accademico e scientifico siamo ancora di fronte ad una palese discriminazione di genere? Risponderò a questa domanda partendo da dati, numeri ed esempi e cercando di seguire un metodo scientifico.

Secondo i dati ufficiali forniti dal MIUR il diagramma che mette a confronto le carriere accademiche degli uomini e delle donne nelle università italiane è un tipico diagramma a forbice: se all'inizio del percorso il numero delle ragazze che si iscrivono all'università è pari a quello dei ragazzi e in media le femmine si laureano prima e con voti più alti dei colleghi maschi, quando si va a vedere la percentuale femminile nelle diverse fasce accademiche, questa si attesta intorno al 50% per i titolari di assegni e ricercatori, ma scende al 35% per i professori associati e addirittura al 21% tra i professori ordinari (fig.1).

Questa forbice è ancora più aperta nei settori cosiddetti STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) con percentuali di professoresse associate intorno al 25% e di ordinarie poco al di sopra del 12%. I dati complessivi mostrano andamenti simili in tutti i paesi Europei, ma nei settori STEM la diseguaglianza di genere è più accentuata rispetto agli altri paesi e, anche se è in atto una inversione di tendenza, questa procede molto lentamente. Per fare un esempio, tra il 2010 e il 2016, le professoresse or-



The leaking pipeline
Fonte: UNESCO, Institute for Statistics, based on its database, 2015.

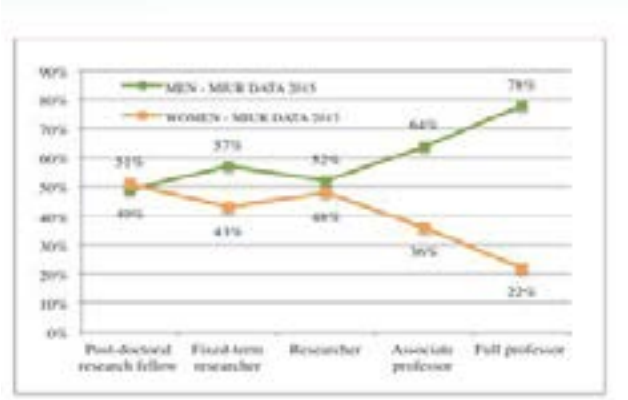


Figura 1. Diagramma a forbice delle carriere accademiche nelle università italiane. Elaborazione dati MIUR 2015 a cura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

dinarie in materie STEM sono passate dal 16% al 18%, un tasso d'incremento che non consentirebbe di raggiungere un equilibrio della presenza femminile nei livelli bassi neppure in 50 anni. Se andiamo ad analizzare la distribuzione orizzontale nelle diverse discipline scientifiche, la fisica e l'ingegneria sono quelle con meno donne, mentre la biologia è la scienza più rosa con una presenza femminile superiore a quella maschile. Questo panorama si ripete invariato ovunque, anche nel paese che si autodefinisce "democratico" per eccellenza, gli Stati Uniti, dove la percentuale di dottorande e ricercatrici si attesta al di sotto del 30% e le donne che raggiungono posizioni più elevate della carriera (direttrici di istituti o facoltà) sono solo l'11%. Questo andamento è descritto come un tubo che perde (*the leaking pipeline*). Se andiamo poi a cercare le donne che hanno ricevuto premi e riconoscimenti importanti, come i Nobel o analoghi, la percentuale precipita al 4%: dal 1901 a oggi sono stati assegnati 965 premi dall'accademia svedese, di questi solo 51 a donne e solo 20 riguardano le discipline STEM: 5 per la chimica, 3 per la fisica e 12 per la medicina (fig. 2).

Uno dei tanti paradossi del nostro mondo progredito è quello che devono affrontare quotidianamente i ricercatori e le ricercatrici delle discipline scientifiche. Se da una parte è evidente che per fare ricerca oggi sono necessari sempre più soldi, d'altra parte le istituzioni pubbliche mettono a disposizione sempre meno risorse, nonostante i politici si riempiano la bocca di termini quali *avanzamento tecnologico*, *progresso, sviluppo* e *ricerca*. Di conseguenza, gli scienziati, se vogliono portare avanti il loro lavoro, e molto spesso pagarsi anche uno stipendio, devono passare gran parte del loro tempo a fare progetti per procacciarsi finanziamenti. Solo se vincono progetti di ricerca possono comprarsi strumenti, pagare lo stipendio a dottorandi o tecnici che di fatto portano avanti la ricerca in laboratorio, scrivere articoli in cui descrivono il lavoro fatto e i risultati ottenuti e quindi farsi il curriculum necessario per poter accedere a nuovi bandi e presentare altre richieste di finanziamento. I progetti sono valutati da esperti nel settore che hanno il compito di giudicare la validità della ricerca proposta, la sua ricaduta sia sociale sia economica e anche l'esperienza, competenza e credibilità del

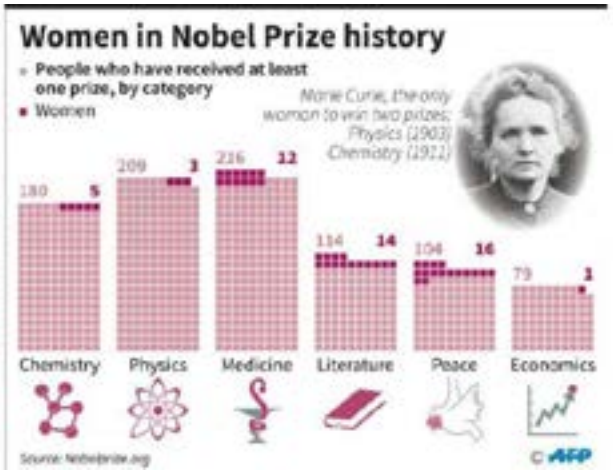


Figura 2. Donne nella storia del premio Nobel. Fonte: nobelprize.org

ricercatore responsabile del progetto stesso, il PI (Principal Investigator). Avere finanziamenti è quindi di vitale importanza per chi vuole fare ricerca in una *università neoliberale*, in una realtà definita molto bene da Franco Palazzi, "in cui il mercato è ritenuto il principio organizzativo ideale della formazione e della ricerca, con le ripercussioni che ne derivano: l'importanza crescente attribuita dagli atenei ai finanziamenti privati; la precarizzazione sistematica dei lavoratori e delle lavoratrici del settore; la rappresentazione di studentesse e studenti come consumatori potenzialmente disposti all'indebitamento per finanziare i propri studi e delle università stesse come imprese in competizione le une con le altre, le cui performance vengono valutate tramite indicatori quantitativi standardizzati"[1].

È quindi evidente che l'accesso ai finanziamenti diventa un potenziale elemento discriminante, e per questo è importante e interessante il lavoro pubblicato nel 2019 su *Lancet*[2]. Gli autori hanno completato un lavoro molto grosso, con un metodo scientifico ineccepibile, raccogliendo dati quantitativi solidi che sono stati analizzati e validati con tecniche statistiche. Sono state esaminate circa 24000 richieste di finanziamento (*applications*) presentate nell'arco di 5 anni all'agenzia nazionale canadese responsabile per l'erogazione di fondi di ricerca e le conclusioni sono state impietose: le ricercatrici ricevono meno finanziamenti dei colleghi maschi, e non perché la qualità delle loro ricerche sia valutata come inferiore. Infatti i dati dimostrano che quando si chiede ai revisori di valutare i progetti dando in percentuale più importanza alla validità scientifica e meno al curriculum dei PI, le femmine ricevono lo stesso punteggio dei maschi, anzi spesso hanno un punteggio superiore. Purtroppo però tradizionalmente le regole utilizzate per la valutazione assegnano un punteggio molto alto al curriculum del PI e questa modalità premia sempre i maschi a discapito delle colleghe.

In pratica, le donne contribuiscono con maggior impegno e lavoro nelle accademie ma ricevono minor merito nelle pubblicazioni; tutti si aspettano che portino avanti lavori di assistenza per gli studenti ma il loro insegnamento riceve valutazioni più basse. In seguito ai congedi parentali dopo la nascita dei figli la loro carriera subisce arresti, ricevono in genere minori fondi per *start-up* come scienziate in ambito medico e sono sottorappresentate come revisori di articoli o progetti, come relatrici ad invito nelle conferenze. Tutto questo contribuisce ad abbassare il loro punteggio durante la valutazione.

Il divario tra generi è quindi un dato di fatto e come dimostra un altro lavoro recente, pubblicato anch'esso su una nota rivista scientifica[3], non sarà colmato a breve. Gli autori di questo articolo hanno registrato e analizzato dati da 6000 giornali scientifici pubblicati in 100 diversi paesi nell'arco di tempo di 15 anni, per concludere che dei 36 milioni di autori presi in considerazione, le donne continuano ad essere una minoranza. Tra 115 discipline esaminate, 87 hanno una rappresentanza femminile inferiore al 45% e nelle materie STEM la situazione è veramente drammatica. È vero che il divario tende a diminuire nel tempo ed è sicuramente inferiore adesso rispetto al passato, ma la velocità di cambiamento è estremamente bassa. Un esempio estremo, ma sicuramente significativo e che ci deve far pensare è quello della fisica: la presenza delle donne si attesta intorno al 13%, questa percentuale aumentano alla velocità di 0,1%, la conclusione è che a questo passo ci vorranno più di 250 anni per raggiungere la parità in questo settore.

1. Palazzi F, *Accademia e depressione. Un bilancio sul rapporto tra disagio mentale e gestione neoliberale dell'università*, https://www.iltascabile.com/societa/accademia-e-depressione/

2. Witteman H O, Hendricks M, Straus S, *Are gender gap due to evaluations of the applicant or the science? A natural experiment at a national funding agency*, Lancet, 393:531-540, 2019.

3. Holman L, Stuart-Fox D, Hauser C E, *The gender gap in science: How long until women are equally represented?* PlosOne, https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2004956

Riassumendo, i dati ci dicono che le donne rappresentano meno del 30% nei settori ricerca e sviluppo, nelle università solo il 19% dei professori ordinari sono femmine, solo l'8% delle istituzioni è guidato da donne. Secondo dati dell'Unesco 2016, le donne ricercatrici sono pagate meno, hanno avanzamenti di carriera meno frequentemente, ricevono meno finanziamenti, abbandonano la carriera più frequentemente dei colleghi maschi.

La domanda che sorge spontanea in questo panorama disastroso è allora: le donne hanno le capacità necessarie per avere successo in ambito scientifico o devono rassegnarsi a fare qualcos'altro? A questa domanda che può sembrarci bizzarra, secondo una ricerca portata avanti da un gruppo di donne svizzere[4] il 67% degli intervistati risponde che effettivamente le donne sono meno portate per le discipline scientifiche.

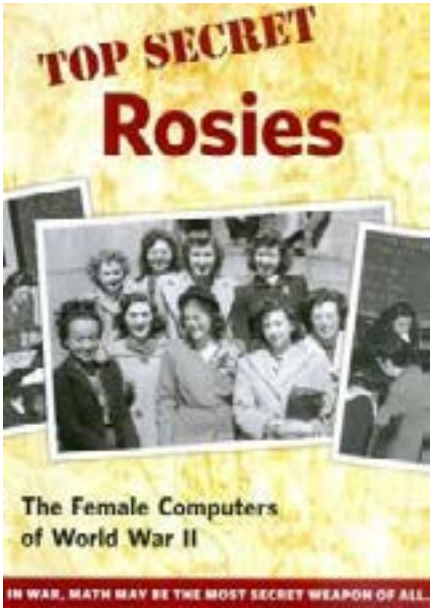
E se non vogliamo rassegnarci a queste conclusioni, dobbiamo andare a spulciare sotto la coltre di oblio creata da una società poco generosa nei confronti del femminile, nelle bibliografie e nelle storie di donne che sono state protagoniste di ricerche pionieristiche in diversi ambiti scientifici, riuscendo a risolvere problemi al pari e a volte meglio dei colleghi maschi… quando è stata data loro la possibilità di lavorare.

Storie di donne

Le storie che possono essere raccontate sono tante, mi limiterò a riportare due esempi, tratti dal mondo del computer e della matematica, aree del sapere che nell'immaginario comune sono le più distanti dalla sensibilità e intelligenza femminile.

Refrigerator ladies

Il primo esempio ci porta negli anni '40 del secolo passato negli Stati Uniti dove un gruppo di ingegneri ha dato vita al primo computer elettronico digitale, l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), un pachiderma di 30 tonnellate, composto da 18000 valvole che occupava il volume di 180 metri quadrati. Il mondo era dilaniato dal secondo conflitto mondiale e gli uomini erano impegnati in guerra, il ministero della difesa americano aveva bisogno di fare funzionare il mostro e così, per necessità, furono scelte sei giovani matematiche selezionate nelle università di Baltimora e Filadelfia. Frances Bilas, Betty Jean Jennings, Ruth Lichterman, Kathleen McNulty, Frances Elizabeth Snyder e Marlyn Wescoff furono le sei giovanissime *computer ladies* che si accollarono la responsabilità enorme di fare i calcoli che sarebbero serviti per progettare nuove armi e utilizzarle. Le difficoltà che dovettero affrontare furono enormi perché dovevano progettare un software in grado di risolvere complicatissimi calcoli balistici di traiettorie senza manuali, senza disponibilità di linguaggi di programmazione e senza conoscere l'architettura della macchina che era *top secret*. Alcune foto delle giovani matematiche accanto



4. HalshkaGraczyk, *Women and girls in Science: working together to fix the leaking pipeline*, http://wis-swiss.weebly.com/blog/women-girls-in-science-working-together-to-fix-the-leaky-pipeline

al computer furono scattate e divulgate, ma le scienziate furono scambiate con modelle davanti ad un elettrodomestico e per questo si parlò di loro come *refrigerator ladies.* Nel 1946 fu fatta una dimostrazione pubblica: il programma funzionò perfettamente e calcolò la traiettoria di una bomba in un tempo inferiore a quello impiegato alla bomba per toccare terra. Le ragazze non furono nemmeno invitate alla cena di gala e tutti i meriti furono per gli ingegneri progettisti.

La loro storia ci è arrivata perché una giovane studentessa programmatrice di Harvard negli anni '80 le andò a intervistare e così fu fatto il film documentario *Top secret Rosies: The female computers of World War II*. Più recente (2016) è l'articolo di Silvia Benvenuti e Linda Pagli che si intitola appunto *Refrigerator Ladies* e racconta lo loro storia mostrando anche quali fossero i calcoli che dovettero affrontare[5].

Computer ladies

Le donne sono state considerate tradizionalmente particolarmente adatte come *computer* (termine inglese che identifica in origine persone in grado di eseguire senza errori complicati calcoli matematici) in quanto ritenute più veloci e precise per un lavoro complesso, ma noioso e ripetitivo. Infatti anche il secondo esempio riguarda appunto delle *computer ladies*, anzi per la precisione - e sottolineando il carattere ancora più discriminante dell'espressione - *coloured computers*. È la storia di Katherine Johnson, Dorothy Vaughan e Mary Jacskon ben raccontata nel film *Diritto di contare*. Il titolo inglese di questo film, *Hidden figures*, è particolarmente significativo, in quanto *hidden* significa nascoste, *figures* ha il doppio significato di numeri, ma anche aspetto fisico. In effetti racconta la storia di donne che, pur non mostrandosi e rimanendo sempre dietro le quinte, hanno avuto un ruolo fondamentale nella storia aereospaziale americana.

Queste donne hanno dovuto affrontare discriminazioni sia sessuali sia razziali, lavorando in un ambiente a prevalenza maschile in un momento storico in cui i diritti degli afro-americani erano ancora calpestati e la parità lontana: le *coloured computer* non potevano usare i servizi igienici e le stoviglie dei colleghi bianchi. Dorothy Vaughan era la matematica a capo del pool di donne della West Area Computer alla NASA. Mary Jacskon è stata la prima ingegnera aereospaziale afro-americana e ha lottato e affrontato anche un processo per poter frequentare le lezioni universitarie. In-

5. Benvenuti S, Pagli L, *Refrigerator ladies. Matematica, cultura e società*, Rivista dell'Unione Matematica Italiana, 1, 1: 51-64, 2016.

fine Katherine Johnson ha vissuto una vita centenaria veramente eccezionale. Nasce nel 1918 e a 18 anni, già laureata in matematica e francese a pieni voti, inizia ad insegnare, questo è del resto a quel tempo il miglior lavoro a cui poteva aspirare. Nel '39 si sposa e lascia l'insegnamento per occuparsi delle figlie, ma negli anni '50 in seguito alla malattia e morte del marito ritorna a lavorare e viene assunta alla NASA. Per la NASA ha lavorato alla missione nello spazio del primo astronauta americano Alan Shepard nel 1961, alla missione Apollo 11 sulla Luna del 1969, alla missione Apollo 13, al programma Space Shuttle, Earth Resources Satellite e ai primi piani per una spedizione su Marte. Di lei si racconta che nel 1962, quando la NASA utilizzò per la prima volta i calcolatori elettronici per il calcolo del volo orbitale di John Glenn (il primo statunitense ad entrare in orbita) le venne richiesto di verificare i calcoli dello stesso computer, poiché Glenn si rifiutava di volare, a meno che Katherine non li confermasse. Nel 2015 ha ricevuto dal presidente Obama la Presidential Medal of Freedom, il più alto riconoscimento civile Americano.

Le cause

Questi esempi e molti altri che potremmo citare (si veda ad esempio la scheda dedicata a Rosalind Franklin) ci dimostrano che il genere femminile, quando viene concessa la possibilità, è in grado di risolvere problemi di scienza in modo brillante come e a volte meglio dei maschi. Allora cosa impedisce alle donne di farsi valere, dimostrare le loro capacità? Perché continuano a rimanere indietro rispetto ai colleghi?

Le cause sono evidentemente molte, complesse e intersecate tra loro. Le donne sono sicuramente penalizzate dal diverso carico nella divisione del lavoro familiare, da una valutazione differenziale, da una scarsa attitudine alla competizione e da un controverso rapporto con il potere.

Le giovani non hanno modelli al femminile e la società patriarcale non aiuta lavorando sistematicamente alla cancellazione della memoria. Sono vittime di stereotipi molto radicati e feroci che vengono da lontano, soprattutto nella nostra cultura occidentale e sono alla base del nostro pensiero, non lasciando scampo.

Degli stereotipi e dei pregiudizi di cui sono vittime le donne nel mondo della scienza ha scritto Evelin Fox Keller. Fisica brillante ha iniziato una carriera accademica promettente in bio-matematica nell'università di New York, ma l'ha abbandona dopo il matrimonio con un insigne matematico e la nascita di due figli. La sua esperienza personale la portò a riflettere sul rapporto tra le donne e la scienza e per farlo raccolse e scrisse biografie di scienziate. Passò così dal "fare scienza" allo "scrivere di scienza". Scriverà: "due sono i principali stereotipi contro i quali devono combattere le donne che si occupano di scienza, il primo è quello che fa coincidere l'oggettività con la mascolinità e la soggettività con la femminilità. Il secondo è quello che individua nella scienza un'attività umana radicalmente anaffettiva, priva di connotazioni emotive e personali e perciò oggettiva. Tutta la storia occidentale è costellata dal privilegio concesso al maschile in tutte le sue forme. Scienza come dominio della natura, e donne come espressione umana della naturalità. Mentre la scienza è venuta a significare oggettività, ragione, freddezza, potere, la femminilità ha assunto il significato di tutto ciò che non appartiene alla scienza: soggettività, sentimento, passione, impotenza"[6].

Bruttine?

Uno stereotipo molto diffuso e comune è quello che vuole le scienziate come donne poco femmi-

6. Fox Keller E, *Reflection on gender and science*, New Haven, Yale University Press, 1996.

nili e un po' bruttine. Questo pregiudizio è ben rappresentato nella serie TV più popolare dei nostri tempi, *Big Bang Theory*, dalle due protagoniste Amy e Penny. Penny, la scienziata, è maldestra e goffa, imbranata e distratta, pensa solo al laboratorio e ai suoi esperimenti e si veste in modo terribile. Completamente diversa l'amica, non istruita ma maestra nell'arte della seduzione e della femminilità. Ma nella realtà anche questo mito della donna scienziata in cui il rapporto tra intelligenza e bellezza sono inversamente proporzionali non regge e cercando nelle biografie di donne di scienza è possibile trovare esempi di donne affascinanti e ricordate per la loro bellezza, oltre che per le loro conoscenze e capacità: prima tra tutte Hedy Lamarr, attrice e inventrice, donna affascinate, icona del cinema. Nata a Vienna nel 1914 in una famiglia ebrea, iniziò gli studi di ingegneria ma ben presto passò alla carriera cinematografica. Giovanissima fece scandalo con il film *Estasi* in cui appariva nelle prime scene di nudo integrale della storia del cinema. Si rifugiò poi negli Stati Uniti dove ebbe una carriera brillante ma che non la rese felice. Nella seconda fase della sua vita abbandonò il cinema e si dedicò alla sua passione giovanile per la tecnologia, e tra le altre cose ricevette un premio importante per aver messo a punto, insieme al musicista Anthel, un sistema anti intercettazione, per criptare le comunicazioni radio e comandare a distanza siluri (*Secret Communication System*).

Sindrome dell'impostore

Non sempre l'insuccesso o il rimaner indietro del genere femminile è imputabile a cause esterne, a volte sono le donne stesse a rinunciare e mettersi da parte. Molto spesso le donne, soprattutto quelle più talentuose, sono affette da una sindrome, non mortale certamente, ma che di sicuro le azzoppa e contribuisce al loro insuccesso: è la cosiddetta sindrome dell'impostore. Se lavorate tanto ma non vi sentite mai all'altezza e pensate che il vostro lavoro sia di bassa qualità, se accettate troppi impegni, se alle conferenze vi sentite sempre fuori luogo, avete difficoltà a fare domande o criticare il lavoro dei colleghi per paura di sembrare impreparate, se andate nel panico quando dovete parlare, di sicuro siete affetti dalla "sacra sindrome". La paura di "non farcela", nonostante la preparazione, può portare all'immobilismo professionale e all'abbandono.

Hanno sofferto di questa malattia molte donne e tra esse voglio citare, solo perché le loro storie hanno avuto recentemente un bel finale di riscatto, Jocelyn Bell Burnell e Donna Strickland. Jocelyn Bell è un'astrofisica irlandese che più di cinquant'anni fa, ancora studentessa, scoprì le stelle Pulsar, ma fu così dubbiosa di sé che il Nobel per la fisica fu attribuito al suo professore, Anthony Hewish. Jocelyn accettò senza nessuna protesta, in fondo pensava che la carriera universitaria non facesse per lei e comunque aveva una famiglia che aveva bisogno di lei. Più avanti negli anni, quando divorziò dal marito, si dedicò di nuovo alla scienza ottenendo ancora risultati brillanti e nel 2018, a parziale e tardivo risarcimento per un Nobel rubatole, ha ricevuto 3 milioni di dollari del Breakthrough Prize.

Donna Strickland è la terza donna ad aver ricevuto il Nobel per la fisica, dopo un intervallo di cinquantacinque anni. Nel 2018 ha condiviso il premio con due colleghi, ma la notizia che ha fatto clamore è stata la scoperta che Donna era l'unica tra i vincitori a non avere una pagina su Wikipedia. Anzi, a peggiorare la situazione si è saputo che un utente aveva anche provato a creare una pagina dedicata alla scienziata, ma la web enciclopedia aveva respinto la richiesta perché Strickland non aveva le credenziali giuste: c'e-

rano pochi articoli a lei dedicati. Quando le è stato chiesto come mai non fosse ancora *full professor* (professore ordinario) la sua risposta è stata: "Non pensavo di avere i titoli sufficienti per concorrere".
Infine, non perché di poca importanza, tra le cause della disparità di genere in ambito scientifico deve essere sottolineato il flagello delle molestie sessuali, di cui il mondo accademico, con la sua presunzione di essere culturalmente avanzato, non è immune.
Un rapporto pubblicato recentemente negli Stati Uniti afferma che il 58% delle donne presenti nelle istituzioni accademiche ha avuto esperienze di molestie sessuali, i dati relativi all' Unione Europea si attestano intorno al 55%. Le discipline più colpite sono quelle delle scienze, dell'ingegneria e della medicina, in quanto settori caratterizzati da gerarchie rigide e posizioni di potere ricoperte ancora prevalentemente da uomini. Inoltre spesso l'attività lavorativa si svolge in contesti isolati e con tempistiche particolarmente rigide e faticose. Le istituzioni non sono neutrali, spesso sono permissive, non ci sono sanzioni nei confronti di chi perseguita. Le donne, d'altra parte, spesso non denunciano, per paura di essere umiliate e non credute, di subire danni per la carriera, a volte perché accettano certi comportamenti come normali, inevitabili o anche perché pensano di potere e dovere affrontare il problema da sole, essendo donne emancipate e che quindi sanno difendersi.
"Le molestie sessuali sono una tassa pesante sulla produttività delle donne", dichiara il titolo di un articolo pubblicato su *Science*[7], perché drenano inutilmente tempo ed energie che potrebbero essere utilizzate per aumentare la produttività e migliorare il proprio curriculum. Il prezzo che viene pagato dalle donne è spesso molto alto; sopraffatte dall'ansia e dalla depressione abbandonano o ridimensionano le ambizioni e gli entusiasmi, rinunciano alla carriera e a lottare per ottenere posizioni di leadership. Le conseguenze sono terribili per loro, ma sono gravi per tutta la società perché si ha una perdita di efficienza, un'esclusione di competenze e una limitazione dei temi studiati (gli uomini hanno esigenze, priorità e interessi diversi rispetto alle colleghe).
Ma soprattutto è una questione di equità e, come ha affermato Huguette Delavault, "trattare allo stesso modo ragazzi e ragazze non crea uguali opportunità, ma tende al contrario a far risaltare le differenze. La diversità è fonte di ricchezza e creatività: i gruppi misti sono indispensabili per portare avanti la ricerca"[8].

Le soluzioni: teoria e pratica

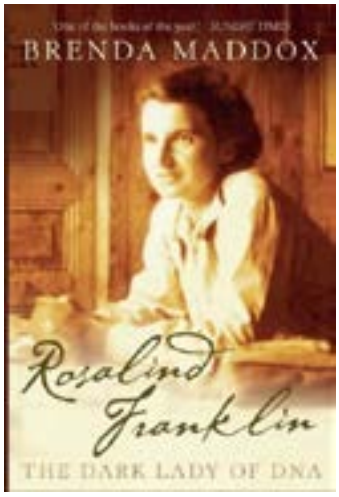
Le soluzioni in fondo le conosciamo e sono ben formalizzate anche nel documento ufficiale del MIUR che indica le azioni positive da intraprendere sui temi di genere nell'università e nella ricerca. Bisogna "incoraggiare la presenza paritaria dei due sessi nei gruppi di ricerca, favorire finanziamenti indipendenti, impegnarsi per una leadership che sia diversificata, promuovere una presenza bilanciata dei due sessi in tutte le istituzioni di eccellenza, comporre le commissioni concorsuali tenendo conto dell'equilibrio di genere. Inoltre è importante negli studi biomedici sperimentali utilizzare campioni di persone dei due sessi con numerosità sufficiente a indagare eventuali differenze di genere e curare la formazione di valutatori e valutatrici dei progetti di ricerca che sappiano superare i fattori di distorsione responsabili della sotto rappresentanza di donne all'interno dei team di ricerca e particolarmente nei ruoli apicali"[9].
Nella teoria siamo avanti, è la pratica che ancora rimane carente.

7. Zepeda L, *The harassment tax*, Science 359 (6371):1286.

8. Citato da Giannini A, *La scienza ha un sesso?,* Le Scienze, 1998.

9. Indicazioni per azioni positive del MIUR sui temi di genere nell'università e nella ricerca, 2018.

scheda: *The dark lady of DNA*



Nel 2020 ricorre il centenario della nascita di Rosalind Franklin, la cui storia è raccontata nel libro *Rosalind Franklin, the dark lady of DNA* Brenda Maddon (Perennial, 2002) si svolge nella prima metà del ’900.
Negli anni 40-50, superato il dramma delle guerre mondiali, tutti i laboratori scientifici del mondo sembrano focalizzarsi in modo direi quasi ossessivo sullo studio di una molecola che sarà poi definita la molecola della vita, il DNA. Alcune sue caratteristiche cominciavano ad essere note, si sapeva che era la molecola in grado di trasformare le cellule, si conosceva la sua composizione chimica ma non si sapeva come le diverse componenti si disponessero nello spazio, quale fosse la sua struttura tridimensionale. Questo problema poteva essere risolto secondo due strategie diverse: si poteva “immaginare” la molecola e inventarsi quindi un modello da validare successivamente in modo sperimentale oppure si poteva cercare di “fotografare” la molecola. Francis Crick e James Watson in Inghilterra e Linus Pauling in California stavano lavorando alla definizione di un modello e tra loro si era avviata una competizione abbastanza accanita, secondo una modalità prettamente maschile. Rosalind Franklin invece, completamente disinteressata alla competizione, cercò di produrre una “fotografia” del DNA facendo attraversare questa molecola da fasci di raggi X. Queste radiazioni hanno una lunghezza d’onda estremamente corta e sono deviate dagli elettroni che circondano una molecola. La diffrazione può essere registrata su una lastra fotografica in forma di macchie scure. Analisi matematiche della disposizione di queste macchie possono essere utilizzate per determinare la distanza precisa tra gli atomi. Nel 1952 la Franklin scattò la famosa *foto 51* che rivelerà al mondo la struttura del DNA. Nello stesso momento, a pochi metri di distanza, i colleghi Watson e Crick stavano probabilmente logorandosi nel tentativo di trovare delle prove a favore del modello a doppia elica, assillati dai progressi fatti dai colleghi americani e angosciati di non riuscire a pubblicare per primi il modello. Rosalind aveva ottenuto la prova di cui loro avevano bisogno, ma i rapporti tra i tre colleghi erano pessimi. La chimica non aveva un carattere facile, era rigida e perfezionista, ma sicuramente era stata ferita dall’atteggiamento dei colleghi che avevano sempre avuto parole di scherno nei suoi confronti. Il collega Wilkins mostrò la *foto 51* di nascosto alla Franklin ai due amici Watson e Crick che appena la videro si resero conto di essere davanti alla prova dell’esattezza delle loro teorie e si affrettano a pubblicare il modello del DNA vincendo al competizione con gli americani. Le loro testuali parole furono: “Nell’istante in cui vidi quell’immagine rimasi a bocca aperta. Molti dei parametri vitali dell’elica erano lì”. E ancora: “Senza quei dati la formulazione del nostro modello sarebbe stata altamente improbabile, se non impossibile”. Nonostante questo non mostrarono mai nessun segno di gratitudine nei confronti della collega. Soprattutto Watson ha sempre aspramente criticato “Rosy”, come la chiamava, che riteneva incapace di comprendere fino in fondo la diffrazione e le sue leggi fisiche, e quindi non sarebbe stata abbastanza intelligente da capire la struttura del DNA. La chiamava la “dark ” perché si vestiva sempre di nero, e di lei dirà: “Rosy non sarebbe nemmeno male se solo cambiasse il suo modo di vestire”. Acquista allora significato il titolo della biografia, dove “dark” appunto si riferisce a questo nomignolo, ma vuol anche dire oscuro, sconosciuto. Rosalind Franklin infatti non avrà nessun riconoscimento per il suo lavoro. Morirà a 38 anni nel 1958 uccisa da un tumore causato probabilmente dalle radiazioni a cui si era sottoposta durante i suoi esperimenti. Due anni dopo, nel 1960 Watson, Crick e Wilkins ricevettero il Nobel per la medicina proprio per il loro modello a doppia elica… per la collega Rosy nessuna parola.

Antonella Cecchettini

La foto 51

Watson and Crick,
Nature, 25 aprile 1953
Immagine di Odile Crick

Le neuroscienze nella Bibbia e nel Talmud

2ª 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: dalle idee sui traumi cranici e sulla cefalea, alle procedure di chirurgia cranica, all'episodio relativo all'"acufene di Tito".

Neuroscienze nel Talmud

Il Talmud è il resoconto di discussioni orali rabbiniche sulla legge, l'etica, i costumi e la storia ebraica. Comprende due componenti: la Mishnah, che è la prima raccolta scritta di tradizioni e insegnamenti orali della Legge ebraica, e la Gemara, una discussione dettagliata della Mishnah che tratta in modo ampio i testi biblici e i relativi scritti rabbinici. Le dichiarazioni della Mishnah e le registrazioni delle opinioni e dei dibattiti dei rabbini sono abbastanza concise. I testi furono riuniti, editati e "sigillati" intorno all'anno 200 dell'Era cristiana dal rabbino Yehuda, il Presidente del Sinedrio – l'assemblea suprema dei sapienti rabbinici – a Tiberiade. Dopo la conclusione della Mishnah, i rabbini di Palestina e Babilonia hanno analizzato, chiarito e discusso questo testo e indagato le implicazioni legali di ciascuna sua affermazione su ogni aspetto della vita, in uno scambio dialettico tra due o più contendenti. In effetti furono radunati due Talmud; uno dei dotti della Palestina del Nord curato e "sigillato" come "Talmud di Gerusalemme" intorno al 400 dell'Era cristiana. L'altro Talmud fu il prodotto di molte scuole

Parte di una tipica pagina del Talmud. Al centro è il passo della Mishnah circondato dai commenti della Gemara.

*La prima parte dell'articolo è stata pubblicata nel n. 0 di Naturalmente scienza www.naturalmentescienza.it/NATrivista/2020-7-NATrivista_0.pdf

della vivace popolazione ebraica della Mesopotamia, e ha una estensione molto maggiore. Fu rivisto e "sigillato" verso la fine del sesto secolo con il nome di "Talmud babilonese". Continua ad essere la fonte legale di base della cultura ebraica tradizionale. Per quanto riguarda la legge ebraica e il pensiero biblico, la Mishnah e la Gemara sono storicamente e concettualmente un continuo.

La cultura greca ha avuto una grande influenza sulla società ebraica. Molte parole e terminologie greche in ambito scientifico, medico, agricolo e politico furono incorporate nell'ebraico.

Galeno, che visitò la Palestina nel 166 dell'Era cristiana, criticò i medici ebrei per la loro aderenza alle leggi di Mosè piuttosto che a Platone e agli dei greci. L'unico trattato medico ebraico sopravvissuto, *Il Libro di Assaf Harofe* scritto da Assaf l'Ebreo (o Assaf il Medico) nel V secolo dell'Era cristiana, fa ampio uso dei concetti e dei materiali di Ippocrate e Galeno[1]. Se anche ci furono – come è probabile – altre opere o trattati medici scritti in ebraico o da medici ebrei, essi non vennero canonizzati e quindi non furono trascritti su pergamena, e, di conseguenza, furono persi.

Bisogna considerare che il Talmud non è in effetti un libro di medicina. Riflette, sebbene involontariamente, conoscenze mediche piuttosto notevoli in materie che hanno attinenza con il sistema legale ebraico, un sistema che riguarda ogni aspetto della vita, elaborato e discusso nel corso delle generazioni. Una parte importante delle conoscenze mediche deriva dalla rigorosa osservanza delle restrizioni dietetiche religiose che richiedevano dissezioni anatomiche e patologiche dopo l'uccisione rituale degli animali da offrire in sacrificio. Il rabbino Rav racconta di aver acquisito questa conoscenza stando con i pastori e i mandriani. La ricchezza dei termini ebraici in ambito anatomico ha fatto sì che Vesallio li usasse nelle sue tavole anatomiche.

Il cervello

Dopo aver ricevuto una domanda non tanto intelligente da uno studente, il rabbino Yehuda il Presidente (II secolo dell'Era Cristiana), reagì dicendo: "Suppongo che egli non abbia un cervello nella sua testa". Il Talmud ha ripreso e ha usato questa osservazione detta così *en passant* per iniziare una lunga discussione sull'etica della relazione insegnante-studente e sull'atteggiamento rispettoso e amorevole che si dovrebbe avere verso gli studenti. Dal punto di vista dell'argomento di questo articolo, si è tentati di suggerire che questo passaggio rifletta il concetto galenico dell'egemonia del cervello come sede dell'anima razionale[2]. Se così fosse questa frase segnerebbe un importante cambiamento concettuale, perché nella Bibbia la sede dei sentimenti morali e della saggezza è supposta essere nei reni, nel cuore o nelle ghiandole surrenali.

I dotti ebrei hanno preso in considerazione gli effetti delle lesioni del cranio nei bovini soprattutto in rapporto all'uso proprio delle carni secondo le prescrizioni della *kasherùt*. Il rabbino Samuele il Medico ha trattato delle conseguenze dei traumi cranici. Egli afferma che difetti del cranio di per sé non mettono in pericolo la vita dell'animale, ma una lacerazione o una perforazione delle meningi deve essere considerata come un pericolo di morte imminente, e pertanto il macello rituale dell'animale deve essere ritenuto improprio. È possibile che i difetti del cranio da lui considerati fossero conseguenze di lesioni al cranio complicate da osteomielite cronica con rammollimento o riassorbimento delle ossa craniche traumatizzate o staccate. L'esame delle membrane cerebrali è quindi da considerare come un tentativo di valutare la profondità della lesione.

Cefalea

Il Talmud, che altrimenti incoraggia la visita ai malati, avverte di non recarsi da una persona

1. . McHenry, LC, *Garrison's History of Neurology*, Springfield, Ill, Charles C. Thomas, 1969.

2. Muntner, S, *The antiquity of Asaph the physician and his editorship of the earliest Hebrew book of medicine*, Bull Hist Med Mar-Apr;25(2):101-31, 1951

mentre soffre di mal di testa. Essendo tormentato dal mal di testa, un eminente rabbino gridò: "Ecco cosa ci ha portato la generazione del diluvio (la fonte di tutti i mali)". Un'osservazione interessante è quella del rabbino Giuda di Sichnin secondo cui se, tra due sorelle gemelle, una ha mal di testa, anche l'altra ne soffrirà[3]. Resta oggetto di speculazione se le sue parole siano riferite a casi di emicrania familiare, o a forme di cefalea mestruale che possono verificarsi in concomitanza nelle due gemelle, o a entrambe le condizioni. L'unica causa alla base del mal di testa considerata nel Talmud è il respirare la schiuma delle bevande o l'eccesso di vino. Rosner[4] ha sottolineato che il leggendario re persiano, ubriaco nella storia biblica di Ester, è chiamato *Achaverosh*, che viene interpretato scherzosamente come *hachash berosh* – cioè "vittima del mal di testa". L'unico trattamento fisico per il mal di testa è strofinare la testa con vino, aceto o olio, una terapia raccomandata anche negli scritti dei medici greco-romani. Un trattamento universale per molti disturbi era la distrazione intellettuale, ottenuta occupandosi dello studio della Torah (le Sacre Scritture), un'attività che viene indicata come "un ornamento di grazia alla tua testa" (Proverbi 1: 9).

Emicrania

Nella testo talmudico *Gittin* c'è una sezione sulla medicina popolare che utilizza incantesimi, ciondoli, amuleti e strani intrugli e concozioni per curare vari disturbi. Uno di questi disturbi è indicato come *zalcha'* o *zilchata'* che secondo i commentatori medievali è equivalente all'emicrania degli antichi. I vari trattamenti bizzarri possono indicare la gravità della condizione o la loro inefficacia. L'identificazione della *zalcha'* con l'emicrania, come è stato fatto nell'ebraico moderno, si basa su suggerimenti come i seguenti: "per *zalcha'* o *zilchata'* spalmare il sangue di un gallo selvatico sul lato doloroso della testa". Tuttavia, non si fa menzione in questi testi di altre caratteristiche del dolore (2, 13).

Tremore

Il tremore come conseguenza dell'ansia di origine emotiva è menzionato nella Bibbia e nel Talmud. Quest'ultimo osserva anche che le donne possono sussultare o tremare nella prima fase delle mestruazioni. Il tremore come sintomo neurologico è considerato nel Talmud in rapporto alla definizione di vecchiaia che esclude i leviti dal servizio al Tempio "a partire dal tempo in cui iniziano a tremare".

Epilessia

Ippocrate confutò l'idea che questa condizione rappresentasse una manifestazione della divinità, affermando invece che si trattava di una malattia cerebrale. Per l'epilessia il Talmud accetta, in generale, il concetto di una malattia "organica" sebbene il cervello non sia considerato come l'origine della malattia, che peraltro non viene indicata con un termine specifico. L'epilessia è considerata una malattia grave che può causare lesioni gravi come cadute nell'acqua o nel fuoco. Il rabbino Giuda il Presidente (II secolo d.C.) ordinò che, a causa di questo pericolo, quasi tutti i sacri comandamenti e le prescrizioni dovevano essere considerati come secondari rispetto alla cura delle persone che ne sono affette.

Nonostante questo approccio che mette in evidenza l'importanza attribuita a questa situazione morbosa, non esiste una descrizione del quadro clinico della malattia e della perdita di coscienza, e non sono menzionate convulsioni e fenomeni associati. È detto, tuttavia, che gli attacchi possono presentarsi periodicamente e persino a orari regolari. I dotti sapevano che la malattia può comparire a qualsiasi età e persino essere considerata come un difetto congenito. Viene riconosciuta una forma di epilessia in cui il malato è a volte in piena

3. Rocca, J: *Galen on the brain*, Leiden - Boston, Brill, 2003.

4. Rosner, F: *Neurology in the Bible and Talmud,* Isr J Med Sci 11:385-397, 1975.

coscienza e talvolta agisce da folle ed è quindi da giudicare irresponsabile.
Per quanto riguarda l'eziologia, alcune fonti talmudiche attribuiscono la colpa all'attacco di uno spirito malvagio o di un demone. Altre affermano che può soffrire di epilessia la progenie di un rapporto sessuale impudico avvenuto in pubblico o alla luce della candela, o di un rapporto frettoloso intercorso dopo essere uscito dal gabinetto. I dotti, insieme a Ippocrate, erano consapevoli che ci sono fattori ereditari nella malattia. Il Talmud afferma infatti che "*un uomo* non dovrebbe sposare una donna di una famiglia con epilettici ..."
Lo stato sociale dell'epilettico era considerato piuttosto infimo. Se un mercante di schiavi ometteva di menzionare che il servo o lo schiavo erano epilettici, l'acquisto veniva invalidato. Se l'epilessia è stata nascosta da una donna prima del matrimonio, il marito potrà divorziare dalla moglie e privarla della sua dote. I sentimenti di avversione o disgusto verso un marito epilettico vengono considerati causa accettabile per il divorzio. I sacerdoti epilettici non erano adatti a servire nel Tempio anche se le crisi si verificavano a notevole distanza di tempo e potevano essere predette.
Per quanto riguarda il trattamento, si parla dell'uso di un amuleto (*kame'a*) che può essere indossato anche il giorno del sabato, non solo dall'epilettico, ma anche da parte di altri, come misura preventiva. Non si dice se si trattasse di un amuleto scritto o di una radice appesa al collo come consigliava Galeno. Non è chiaro, inoltre, se il rimedio fosse considerato specifico per l'epilessia o ritenuto come una specie di panacea. Una condizione transitoria, che può assomigliare all'epilessia in cui il paziente è improvvisamente soggetto a una condizione di confusione e di comportamenti illogici, prova vertigini e potrebbe non essere in grado di parlare, è menzionata nel Talmud babilonese e in quello di Gerusalemme. Poiché l'età e le condizioni generali della persona interessata non sono menzionate, al giorno d'oggi si potrebbe supporre che si tratti tanto di un equivalente epilettico[5] quanto di un evento vascolare.

Mancinismo

La Bibbia registra il mancinismo come un fatto obbiettivo degno di nota. La definizione del fenomeno nel Talmud è che la persona mancina (*itter*) è quella che scrive con la mano sinistra. La Bibbia descrive la persona mancina come quella che non ha alcun controllo sulla sua mano destra (*itter yad yemino*), mentre il Talmud abbrevia la denominazione in *itter*, senza menzionare l'arto. Il mancino ha il permesso di indossare i filatteri sul braccio destro anziché a sinistra come prescritto. Le persone ambidestre devono invece indossarli, come la maggioranza delle persone, sul braccio sinistro. Il Talmud considera un laico mancino come persona normale e adatta alle funzioni che deve svolgere, ma non così un sacerdote. Il sacerdote mancino non può servire nel Tempio. I dotti si divisero nella valutazione del meccanismo per cui un individuo è ambidestro. Secondo il rabbino Giuda l'uguaglianza della forza deriva da un'anomala debolezza del braccio destro, mentre altri studiosi pensano che in tali casi è la mano sinistra ad essere eccezionalmente forte.

Malattie e lesioni della colonna vertebrale

Il bellissimo bassorilievo dal palazzo del re assiro Assurbanipal (VII secolo prima dell'Era cristiana.) raffigurante una leonessa morente con paraplegia causata da frecce che le trafiggono la schiena a livello toracico e lombare rivela che le lesioni spinali e la paralisi risultante erano riconosciute fin dall'antichità (fig. 1). I dotti talmudici conoscevano bene le varie condizioni spinali mentre decidevano se quel particolare capo di bestiame fosse abbastanza sano da poter essere adatto alla macellazione rituale a scopo alimentare. Una grave lesione spinale veniva considerata

5. Rocca, J.: *Galen on the brain*, cit.

come un pericolo imminente per la vita e l'animale veniva pertanto escluso dalla macellazione rituale. L'editore della *Mishnah*, in un'osservazione originale molto avanzata per i suoi tempi, affermò che è da considerare fatale (e causa di paralisi) una lesione che causa un restringimento del canale spinale di oltre la metà del suo diametro trasversale.

Nella casa del rabbino Habiba una pecora camminava trascinando le zampe posteriori. Disse Rabbi Yemar: essa soffre di "shigrona" (sciatica o condizione reumatica) A questo (Rabbi) Ravina obbiettò: forse il filamento della colonna vertebrale (midollo spinale) è interrotto. Sottoposero la pecora all'esame post mortem *e trovarono che aveva ragione Ravina.*

Questo è probabilmente l'unico caso registrato nella letteratura antica in cui una diagnosi di lesione spinale, fatta in vita, viene verificata poi con un esame *post mortem*. I rabbini erano a conoscenza della diagnosi differenziale di zoppicamento o debolezza degli arti posteriori che può derivare da una lesione spinale o da una condizione degenerativa cronica indicata come *shigrona*. Il termine *shigrona* veniva usato anche per descrivere il mal di schiena o il dolore alle articolazioni dell'anca. In tali casi il trattamento raccomandato consisteva nello strofinare la salamoia di pesce sulla zona dolorante[6].

Alla discussione sopra menzionata Rabbi Levi aggiunse di aver visto una persona che soffriva di tremore alla testa e di aver osservato nel paziente un rammollimento del midollo spinale. Abaya afferma che tali casi non erano fatali, ma i pazienti perdevano le loro capacità riproduttive.

Secondo la legge biblica ogni primogenito di animali commestibili dovrebbe essere sacrificato. I dotti decretarono che per il rituale potevano essere usati solo animali sani, e questo spiega il loro interesse e la loro vasta conoscenza dei difetti alla nascita. Queste conoscenze venivano estese anche ai casi umani, al fine di stabilire se il neonato fosse da considerare vitale. In un trattato talmudico fu introdotta una condizione per arrivare alla deliberazione: "Nel caso dell'aborto di una creatura che ha due schiene e due colonne spinali, Rab decretava: per una donna non deve essere considerata una nascita valida". Antigone ha affermato che qualsiasi (primogenito di bestiame) che avesse due schiene e due colonne spinali non era adatto per il servizio nel tempio. La condizione di "spina bifida aperta", e probabilmente varie forme di meningomielocele, erano note ai dotti del Talmud. Fu anche riconosciuta la scoliosi estrema, da cui il caso

Figura 1. Il bassorilievo dal palazzo di Assurbanipal conservato al British Museum con la raffigurazione della leonessa con le zampe posteriori paralizzate a causa delle lesioni spinali prodotte dalle frecce.

6. Rosner, F: *Neurology in the Bible and Talmud,* cit.

menzionato nello stesso trattato in cui la colonna vertebrale del neonato era così storta che assomigliava a una doppia colonna.

Chirurgia cranica

In molti passaggi nel Talmud si dice che sono state eseguite varie procedure chirurgiche e che alcune erbe e piante sono state utilizzate per ridurre il dolore[9]. Un passaggio nella Mishnah fornisce prove ancora più specifiche. Un trattato discute (non per scopi medici) le dimensioni di un pezzo di osso e si riferisce al trapano, lo strumento chirurgico di base per praticare un foro nel cranio. Il brano in questione differenzia tra le dimensioni del trapano, o succhiello, dei medici e quello più grande del carpentiere. La dimensione di quest'ultimo è definita con il riferimento a una specifica moneta coniata dall'imperatore Nerone, o alla dimensione di una moneta italiana, il *fundion*.

Weinberg[10] ha fatto un tentativo rimarchevole per chiarire un passaggio talmudico che descrive il trattamento chirurgico di un'afflizione ripugnante del cuoio capelluto e del cranio sottostante (molto probabilmente sinusite frontale cronica con conseguente osteomielite con scolo infestata da mosche e vermi). La preparazione all'intervento chirurgico includeva la detersione dell'area malata con un'abbondante quantità di una miscela o infusione di erbe che venivano usate per pulire ed esporre il cranio eroso o per ammorbidirlo. Nella procedura chirurgica vennero utilizzate pinze per estrarre pezzi di osso mentre altri frammenti e alcuni tessuti malati venivano raschiati e gli organismi patogeni in quei tessuti venivano rimossi. Importante è l'indicazione di essere estremamente attenti per non ferire le meningi, perché la loro perforazione con conseguente trasudazione, come discusso in precedenza, comportava un pericolo mortale. È evidente dal passaggio talmudico che la chirurgia della testa e i suoi problemi erano abbastanza noti agli studiosi.

L'acufene di Tito

La Grande rivolta degli ebrei contro Roma terminò nell'anno 70 dell'Era cristiana con la caduta di Gerusalemme e con una terribile strage e la distruzione del Tempio. L'odio del popolo conquistato verso il generale romano Tito Flavio Vespasiano (30-81 E.V.), che provocò la tragedia e l'umiliazione nazionale, fu espresso con l'augurio per lui di una lunga agonia neurologica.

Secondo una leggenda talmudica, un moscerino entrò nella narice di Tito mentre stava bevendo del vino e iniziò a punzecchiare il cervello continuando poi a farlo per sette anni. Un giorno Tito stava passando vicino a una bottega da fabbro e il rumore della mazza fece tacere il moscerino. Così Tito disse: "Ecco un rimedio". Il fabbro, che da allora veniva fatto martellare quotidianamente e pagato profumatamente, disse agli israeliti: "accontentatevi di vedere il vostro nemico nella sua sofferenza". Dopo trenta giorni il moscerino però si abituò al rumore e continuò a beccare costantemente. Alla morte di Tito, il suo cranio venne trapanato e venne trovata una escrescenza della grandezza – secondo le versioni – di un passero o di una colomba. L'acufene è stato riconosciuto da Ippocrate e Galeno. Dan[11] fornisce un riassunto delle conoscenze greco-romane su questa condizione morbosa e rende ragione della sintomatologia secondo il concetto di equilibrio degli umori. La descrizione talmudica dell'acufene come somigliante al ronzio di una zanzara e il sollievo dovuto a un forte rumore esterno ricorda l'approccio moderno. ●

Rigraziamenti

L'autore desidera esprimere la sua gratitudine a Marco Piccolino per la sua iniziativa di presentare al pubblico italiano un pezzo del nostro comune patrimonio culturale e per la sua traduzione erudita e accademica. Mille grazie a Bruno Di Porto per aver contribuito a colmare, con la sua profonda conoscenza della cultura ebraica, il divario tra la lingua della Bibbia e del Talmud e l'italiano.

9. . Leibowitz, J O: *Traumatic (?) paraplegia as reported in the Talmu*d, Med Hist 4:350-351, 1960; Aminoff, I: *Talmudic lipectomy*, Harefuah 136:323-325, 1999.

10. Weinberg, A: *A case of cranial surgery in the Talmud*, Journal of the History of the Neurosciences 15:102-110, 2006.

11. Dan, B: *Titus's tinnitus*, J Hist Neurosci 14:210-213, 2005.

Il compito dell'archeo-genetica
e la questione delle differenze biologiche secondo David Reich

Tomaso Di Fraia

In un libro recente, il genetista David Reich rimprovera gli archeologi di non indagare le migrazioni e i genetisti di negare o nascondere le differenze biologiche tra gruppi umani. L'articolo critica alcune affermazioni di questo autore, in particolare la sopravvalutazione del concetto di "differenza genetica", le cui implicazioni rischiano di dare veste scientifica a una serie di imbarazzanti luoghi comuni.

Vorrei proporre qualche riflessione su alcuni temi sollevati dall'attività di genetista di David Reich e soprattutto dal libro da lui pubblicato nel 2018 e intitolato *Who We Are and How We Got Here*[1].

Occupandosi soprattutto di analisi del DNA, antico (*aDNA*) e moderno, Reich rivolge due rimproveri fondamentali, uno agli archeologi, accusati di avere sostanzialmente espulso le migrazioni dal panorama dei processi storici da essi indagati, e il secondo a tutti coloro (genetisti, antropologi, sociologi e politici) che, per il nobile fine di combattere il razzismo, avrebbero cercato di negare o nascondere le differenze biologiche, e in particolare quelle genetiche, tra popolazioni o gruppi umani. In tal modo, secondo Reich, si sarebbe offerta ai movimenti razzisti l'opportunità di esasperare l'importanza di tali differenze e di strumentalizzarla per i loro obiettivi politici.

Per quanto riguarda la preistoria, l'assunto fondamentale di Reich, è che il sequenziamento completo e sempre più raffinato del genoma umano permette di stabilire, con un grado di sicurezza mai raggiunto con altri mezzi, se nel corso dell'evoluzione del genere *Homo*, della preistoria e poi della storia vi sono stati spostamenti di gruppi di individui, ibridazioni, sostituzioni, estinzioni ecc. Tra l'altro, come ho mostrato nel mio intervento

Fonte: https://int.nyt.com/data/videotape/finished/2018/10/1539796828/milk-trim-400w.mp4

11. La traduzione italiana è Reich D, *Chi siamo e come siamo arrivati fin qui. Il DNA antico e la nuova scienza del passato dell'umanità*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2019. Le citazioni nell'articolo sono prese da questa edizione.

Quis custodiet custodem?[2], Reich crede di aver dimostrato che nel terzo millennio a. C. l'Europa sia stata interessata da massicce invasioni da oriente e in particolare dalle steppe russe, con le popolazioni Yamnaya. In realtà tale affermazione (come altre analoghe) è inficiata: 1) dal numero esiguo dei campioni; 2) dalla loro scarsa copertura geografica; 3) da problemi interpretativi. Comunque Reich tenta di rafforzare la propria tesi affermando che "Oggi […] tutte le popolazioni europee possono essere caratterizzate come una mescolanza di tre apporti, i cacciatori raccoglitori occidentali, i primi neolitici e gli Yamnaya". Ma così facendo ricade nelle stesse aporie (soprattutto forti limiti dei campionamenti) e soprattutto, con il DNA moderno, non può opporre agli archeologi prove dirette, cioè "in tempo reale", come sarebbero campioni contemporanei agli eventi preistorici che si intende dimostrare, bensì soltanto indizi indiretti, che in quanto tali sono debolissimi, perché la composizione attuale del genoma umano può essersi formata molto più tardi del periodo indagato, anche grazie alle invasioni barbariche avvenute nell'età del ferro, in età romana e nel Medioevo.

A questo punto è doveroso chiedersi se Reich sia consapevole del peso di queste critiche. Il fatto che finora non abbia ritenuto di dover replicare su questi punti sembra indicare che la convinzione della validità della sua interpretazione lo renda totalmente refrattario all'idea di riesaminare le sue posizioni. La spiegazione alternativa, cioè che lo studioso non percepisca l'importanza di tali critiche, sarebbe offensiva per la sua intelligenza. Naturalmente il problema acquista una dimensione più ampia e delicata se si considera che anche gli stretti collaboratori di Reich avrebbero potuto intervenire in tale discussione, ma non mi risulta che finora lo abbiano fatto.

Il linguaggio di Reich è talora irridente, se non offensivo, come quando afferma che "lo studio del genoma ha fatto mangiare la polvere al tradizionale armamentario dell'archeologia", indicata semplicisticamente come "lo studio degli oggetti lasciati dalle società del passato", che detto così è una sorta di caricatura dell'archeologia. Tra l'altro a p. 28 del suo libro sembra contraddire tale asserzione, giacché qui ammette che la rivoluzione del genoma si è dimostrata "uno strumento utile per indagare le popolazioni del passato almeno quanto gli strumenti tradizionali dell'archeologia e della linguistica storica". Ma immediatamente dopo torna alla posizione iniziale: "Oggi il DNA antico e la rivoluzione del genoma possono rispondere a una domanda rimasta finora irrisolta sul passato profondo: la domanda 'che cosa è successo?' quali erano le relazioni reciproche dei popoli nell'antichità…".

Forse senza rendersene conto, Reich attribuisce qui alla genetica un compito che in realtà può essere svolto soltanto dall'archeologia, sia pure coadiuvata dalle scienze della natura e della terra per molti tipi di analisi. Invece poco più avanti egli afferma che "gli archeologi, armati di queste risposte, potrebbero continuare a indagare un argomento al quale sono stati sempre altrettanto interessati, ossia *perché* è avvenuto il cambiamento". Insomma da una parte ridicolizza i risultati della ricerca archeologica, dall'altra millanta per la genetica capacità che essa non ha e che probabilmente non potrà mai avere, perché riguardano la ricostruzione del modo di vivere, di produrre, di formare società più o meno grandi e complesse, di concepire i rapporti tra singoli e tra gruppi, di rapportarsi al mondo naturale, di concepire il rapporto con le generazioni passate ecc, cioè esattamente lo scopo dell'archeologia, a cui Reich invece concede che si occupi soltanto delle cause "del cambiamento" (non meglio specificato). Tra l'altro le sue ripetute critiche all'arretratezza e alle difficoltà degli archeologi, che sarebbero

2. L'articolo è pubblicato nel sito naturalmentescienza https://www.naturalmentescienza.it/sections/?s=1834

risolte dall'archeogenetica, raramente sono accompagnate da esemplificazioni concrete e motivazioni adeguate. Bisogna infine sottolineare che Reich trascura o minimizza il problema della precisa provenienza e rappresentatività dei campioni umani in contesti che per la loro complessità dovrebbero essere attentamente analizzati e discussi preventivamente dagli archeologi.

Per quanto concerne le analisi condotte da Reich sulle popolazioni attuali, una delle questioni chiave è il concetto di "differenza genetica" e le sue implicazioni. Secondo Reich "È ormai innegabile che esistano differenze genetiche non trascurabili in più caratteri tra le varie popolazioni, e che il vocabolario della razza sia troppo vago e troppo carico di ricordi spiacevoli per servire a qualcosa. Se continuiamo a impiegarlo, non potremo mai evadere dal dibattito in corso, che è impantanato in una polemica tra due posizioni indifendibili. Da una parte c'è la convinzione che le differenze esistano, un'idea radicata nell'intolleranza che non ha alcuna base reale. Dall'altra c'è l'idea che qualsiasi differenza biologica tra le popolazioni sia così modesta che possiamo ignorarla e insabbiarla come argomento di discussione". Non si può certo dire che questo discorso brilli per chiarezza. Anzitutto Reich stigmatizza "la convinzione che le differenze esistano", che non si vede in che cosa si distingua dalla sua, se non per l'intolleranza che l'accompagna (e che egli respinge) e per il fatto che lui non userebbe mai il termine "razza". In secondo luogo egli qui parla genericamente di popolazioni, ma attraverso gli esempi concreti comprendiamo che usa questo termine (in modo ambiguo) per indicare qualunque gruppo umano caratterizzato da un certo numero di tratti genetici specifici che lo distinguono da altri gruppi. Così, ad esempio, Reich osserva che "Grazie alle informazioni sul numero di anni passati sui banchi di scuola riguardanti oltre 400.000 persone di origini europee i cui genomi sono stati controllati durante vari studi sulle patologie, Daniel Benjamin e colleghi hanno identificato 74 variazioni genetiche, ciascuna delle quali, secondo prove indiscutibili, è più comune nelle persone con maggiore istruzione rispetto a quelle che sono state meno anni sui banchi di scuola, perfino dopo avere verificato possibili fattori fuorvianti come l'eterogeneità nella popolazione studiata". Questa affermazione è francamente sconcertante per almeno due motivi. Anzitutto si parla soltanto di maggiore frequenza di determinate variazioni genetiche, senza che si possa indicare per esse nessuna precisa funzione, anche se gli autori dello studio citato sottolineano che tali variazioni sono state individuate soprattutto *nelle regioni genomiche che regolano l'espressione del gene nel cervello fetale*[3]. Mi permetto di dire che a un profano, come lo scrivente (e perciò mi scuso per eventuali errori o fraintendimenti), sembra logico ritenere che tali variazioni potrebbero essere correlate a qualunque tratto biologico del gruppo esaminato. Il secondo riferimento (numero di anni trascorsi sui banchi di scuola) sembra poi talmente aleatorio che non si vede come possa trovare nei geni un significativo fattore causale. Infatti sappiamo che tale parametro, e anche la sua conferma attraverso il titolo di studio, in buona parte dipendono dalle condizioni socio-economiche di ciascun individuo e nemmeno Reich arriva a sostenere un potere predittivo del genoma in questo campo. Tuttavia l'elegante scappatoia da lui ipotizzata, per negare un possibile condizionamento genetico diretto sulle facoltà intellettive, non sembra convincente. Egli infatti sostiene che "È possibile che le variazioni agiscano indirettamente, sollecitando le persone a ritardare l'arrivo dei figli, una scelta che rende più facile completare la propria istruzione", ma anche questo presunto condizionamento, già discutibilissimo per se stesso, senza

3. Okbay A et al.: *Genome-wide association study identifies 74 loci associated with educational attainment,* Nature 533:539-542, 2016. .

precisi dati a supporto resta pura speculazione.
Vediamo un altro caso. Dopo aver notato che negli USA il cancro alla prostata è 1,7 volte più frequente negli afroamericani che negli americani di origine europea, Reich nel 2006 applicò i suoi metodi su 1597 maschi afroamericani con il cancro alla prostata "trovando che in una regione del genoma avevano circa il 2,8 per cento in più di ascendenza africana rispetto alla media riscontrabile nel resto del genoma. [Poi] notammo che questa regione conteneva almeno sette fattori di rischio indipendenti per il cancro alla prostata".
Una risposta a questo modo di procedere è venuta da una lettera aperta a Reich scritta da 67 studiosi americani di varie discipline[4], che a proposito del caso specifico osservano: "Queste persone possono aver e una frequenza più elevata di una versione di un gene particolare che è collegata a un rischio più elevato di cancro alla prostata. Ma anche molte persone che non provengono dall'Africa occidentale hanno lo stesso gene... Trovare un'alta prevalenza di una particolare variante genetica in un gruppo non rende quel gruppo una 'razza'".
In breve, c'è una differenza tra la ricerca di differenze genetiche tra individui e il costruire differenze genetiche tra gruppi facendo scelte consapevoli su quali tipi di gruppi contano per i tuoi scopi. Questo tipo di gruppi non esiste "in natura". Essi sono creati in base a scelte umane.
Anche se Reich a ogni piè sospinto dichiara, lui ebreo, di essere lontanissimo da qualsiasi concezione razzista, appaiono sconcertanti affermazioni come la seguente: "Come società dovremmo impegnarci ad accordare a tutti pari diritti nonostante le discrepanze esistenti tra gli individui. Se puntiamo a trattare ogni individuo con rispetto indipendentemente dalle straordinarie differenze tra singoli entro una popolazione, non sarà tanto difficile accettare le minori ma ancora significative discrepanze tra le popolazioni". La prima cosa che mi viene da dire d'impulso è che per fortuna la società umana non ha aspettato il XXI secolo o il libro di Reich per riconoscere pari diritti a tutte le persone. Ma ciò che colpisce di più in affermazioni del genere è l'inaccettabile livello di astrazione e semplificazione, tanto più inatteso in una persona che per altri aspetti dovrebbe ben essere abituata ad esercitare il pensiero critico. Dire che ci sono differenze fra una persona e un'altra, e che oggi le cause di alcune differenze sono leggibili nel DNA, dovrebbe portare i genetisti a verificare *tutte* le differenze ricavabili dal genoma, e non limitarsi a sceglierne alcune, perché questa è una scelta ancora più ideologica di quella del gruppo umano da studiare, in quanto si decide arbitrariamente di esaltare certi aspetti e di non prenderne in considerazione altri, che potrebbero dare risultati diversi e inattesi.
Insomma lo studio del genoma dell'umanità attuale viene usato in buona misura da Reich per dare veste scientifica a una serie di luoghi comuni, che tali rimangono nella sostanza, anche se apparentemente supportati da indizi biologici.
Il caso forse più macroscopico è quello delle differenze biologiche tra maschi e femmine.
In particolare Reich sottolinea la prolificità: "le profonde differenze fra i sessi significano che un singolo uomo è in grado di avere più bambini di quanti ne abbia una singola donna" . Specialmente con la formazione di società stratificate i maschi accumularono "tanto potere che non solo potevano accedere a grandi quantità di femmine ma anche trasmettere il proprio prestigio sociale alle generazioni successive e garantire un pari successo ai discendenti maschi".
Quale lezione trarre da queste osservazioni, secondo Reich? "La costante lotta contro i nostri demoni, contro le abitudini sociali e comportamentali insite nella nostra biologia, è uno dei comportamenti nobili di cui siamo capaci soltanto noi umani come specie, e che sono stati essen-

4. AA.VV., *How Not To Talk About Race And Genetics*, in BuzzFeed News, 30.3.2018. https://www.buzzfeednews.com/article/bfopinion/race-genetics-david-reich

ziali per tanti nostri trionfi e progressi. La dimostrazione dell'antichità della disuguaglianza dovrebbe indurci a gestirla oggi in maniera più sofisticata, e a comportarci un po' meglio nel presente". A parte la banale inconsistenza dell'esortazione finale, questo passo è un perfetto esempio di come non si deve parlare di argomenti così delicati. Anzitutto si nota uno scadimento e una confusione terminologica, non so quanto intenzionale, per cui non si comprende come determinate "abitudini sociali" (quali?) possano essere insite nella biologia, tanto più che lo stesso Reich precisa che solo in determinate società si realizzano le condizioni per cui certe disuguaglianze esplodono. Non si comprende poi che importanza abbia "la dimostrazione dell'antichità della disuguaglianza" ai fini di un atteggiamento sociopolitico più avanzato. E soprattutto: che cosa significa "gestirla oggi in maniera più sofisticata"? Se si tratta di una disuguaglianza, e non di una differenza biologica, il modo corretto di affrontarla è semplicemente eliminarla, se crediamo nei diritti della persona umana. Infine dovrebbe essere superfluo, ma con Reich anche l'ovvio sembra diventare importante, ricordare il ruolo fondamentale che le donne hanno svolto (e svolgono) nella storia umana e in particolare la loro influenza sul comportamento e sull'efficienza psico-fisica dei singoli individui: dalla cura di bambini e anziani, all'assistenza dei malati, alla crescita intellettuale e affettiva dei giovani, al contributo alla realizzazione delle condizioni materiali di vita della comunità. Insomma proprio nelle donne si dovrebbe individuare la prima è più importante forma di compensazione e superamento delle differenze biologiche, ma Reich, nella sua visione riduttivamente biologica, non sembra rendersene conto.

Comunque Reich pensa di porsi al riparo da ogni possibile accusa di favorire orientamenti razzisti ribadendo che "le scoperte del DNA antico hanno reso indifendibili le narrazioni di razzisti e colonialisti, dimostrando che nessuna popolazione umana è 'pura'...". Ma affermare che nessuna popolazione è "pura" non significa escludere che, tra diverse popolazioni o gruppi, esistano differenze biologiche significative, anche a livello di genoma, e purtroppo proprio su queste differenze lui spesso insiste, come abbiamo visto, in modo pesante e soprattutto senza le necessarie avvertenze critiche.

Ritorna così prepotentemente il problema di una corretta comunicazione scientifica, in questo caso ancora più indispensabile per le possibili ricadute sociali e politiche delle questioni coinvolte. Sappiamo infatti che i movimenti razzisti e suprematisti bianchi sono pronti a sfruttare qualunque appiglio e pretesto per le loro forme di propaganda grossolana e becera. Perfino la presenza della lattasi negli adulti, più frequente nella popolazione bianca che in quella di colore degli USA, è stata strumentalizzata specialmente sui social, tra l'altro con un account intitolato "Enter the Milk Zone", in cui si sollecitano gli afroamericani a lasciare l'America: "Se non riesci a bere il latte, devi tornare indietro"[5]. Ma, a parte queste forme (tragicamente) caricaturali, vi sono molti altri modi (di cui abbiamo visto qualche esempio sopra), in cui i risultati di ricerche scientifiche si prestano a fraintendimenti e manipolazioni, specialmente se gli scienziati non si impegnano a chiarire nel modo più netto ed esauriente possibile i principali limiti delle loro implicazioni.

Per alleggerire il discorso con una battuta di chiusura, si potrebbe proporre ai suprematisti-del-latte di invitare in America i gruppi dell'Africa orientale, che, grazie a un'antica tradizione di allevatori, digeriscono benissimo il latte. ●

5. Harmon A, *Why White Supremacists Are Chugging Milk (and Why Geneticists Are Alarmed)*, The New York Times, 17.10.2018.

fare scuola

Questo spazio è 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.
Le difficoltà conseguenti la pandemia restano e la scuola in presenza ha riaperto le aule con cautela e preoccupazione. Riprendiamo da dove avremmo voluto incominciare: l'educazione scientifica con i più piccoli, alla scuola dell'infanzia, dove è importante guidare i bambini con competenza a guardarsi attorno con occhi che interrogano le "cose", consapevoli dell'importanza e del significato della mediazione didattica. I piccoli intuiscono l'intreccio tra le parti e non separano in parti ciò che si manifesta nella sua globalità; è quindi importante non perdere di vista connessioni e interazioni per non presentare la realtà in pezzi e distruggere questo sguardo. La curiosità e il bisogno di cercare risposte dovrebbe accompagnarci per tutta la vita. C'è un proverbio che recita "Chi ben comincia è a metà dell'opera", e un altro preso in prestito da Leonardo Da Vinci che invece afferma "Non chi comincia ma quel che persevera". A noi piace considerarli insieme: è importante tanto iniziare bene quanto perseverare.
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.

Si può fare educazione scientifica alla scuola dell'infanzia

Silvia Caravita

Le ricerche sullo sviluppo cognitivo in età evolutiva e sui processi di apprendimento dimostrano che la scuola dell'infanzia è il momento giusto per incominciare. E questo può essere ben argomentato, come per esempio in un articolo della rivista dell'Institut National de Recherche Pédagogique francese[1].

Nella pedagogia è ormai indiscussa l'idea che la conoscenza si costruisce attraverso un processo in cui ognuno deve essere protagonista attivo e non soltanto recettore[2].

Per questo nella didattica è diffusa, specialmente nei primi anni di scolarizzazione, la pratica di fare esperienze con i bambini, di rivivere insieme la manipolazione di oggetti e materiali e la percezione di fenomeni comuni, per dare senso a scoperte, discutere le osservazioni e le idee che ne derivano. Non è corretto però identificare solamente questo con l'educazione scientifica. Ci sono punti di contatto tra il fare/pensare/dire degli scienziati e il fare/pensare/dire dei bambini, ma questi vanno fatti emergere attraverso una deliberata mediazione didattica. L'attività di scoperta ha bisogno di essere sostenuta dall'insegnante con varie azioni:

- *selezionare*, *collegare* molteplici esperienze attorno a fenomenologie, in modo che nei bambini si possa consolidare un nucleo di riferimenti empirici comuni;
- accorgersi delle "sorprese" dei bambini per farle diventare motori di ricerca, in modo da valorizzare e stimolare soprattutto la *capacità di farsi delle domande* su ciò che si sperimenta del mondo (non di

1. Ledrapier C, *Découvrir le monde de sciences à l'école maternelle: quels rapports avec les sciences?* Recherches en didactique des sciences et des technologies, 2: 79-103, 2010.

2. Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'struzione. La scuola http://www.indicazioninazionali.it/wp-content/uploads/2018/08/Indicazioni_Annali_Definitivo.pdf

cercare soluzioni a problemi posti da altri). Passo passo, i bambini imparano ad interrogarsi, ad inventare obbiettivi da raggiungere, a lambiccarsi sul *come* più che sul *perché,* conservando la spontanea fiducia in sé che naturalmente hanno (se non è già stata incrinata): atteggiamenti cognitivi ed emotivi preziosi, che spesso da adulti si fatica a recuperare. Altre due caratteristiche del pensiero scientifico possono essere coltivate dall'educazione già nei primi anni:

- l' elaborazione di *relazioni* tra fatti o tra fattori che producono variazione nei fenomeni;
- la *modellizzazione*, cioè la elaborazione di sistemi interpretativi che vengono applicati ai dati di realtà e modificati qualora l'evidenza dimostri che non sono utili per fare previsioni su quanto accade.

I bambini fanno queste operazioni ma non in modo consapevole e, fuori dalla scuola, non hanno spesso l'opportunità di esplicitare questi loro ragionamenti. Per questo è determinante la funzione culturale della scuola.

Guardarsi attorno con occhi che interrogano le "cose"

Noi adulti spesso diamo per scontate le conoscenze sul mondo che crediamo di avere acquisito, ci fidiamo delle idee che ci siamo fatti su ciò che entra nella sfera della nostra esperienza quotidiana. Non ci viene tanto naturale guardarci attorno con occhi che interrogano le cose, che scovano le loro particolarità, con sguardi capaci di accorgersi di certe singolarità, salvo quando le discrepanze con le nostre immagini mentali sono tali da sorprenderci e metterci in stato di allerta. Quando ci troviamo in un ambiente diverso da quello a noi familiare, scattano comportamenti esplorativi, in cui tutti i sensi vengono a fior di pelle. È per questo che ci piace tanto spostarci altrove e viaggiare, ma ci inquieta anche!

Questo modo di funzionare dei nostri sensi e della nostra mente è quello che l'evoluzione ha selezionato, è quello che ci rende adeguati, stabili e nello stesso tempo flessibili. Però la cultura umana ha percorso anche strade inverse: ha scoperto la possibilità, anche da adulti, di ripartire con gli occhi e i sensi della nostra infanzia, appoggiandoci però a idee che prendiamo in prestito dal gruppo sociale, come strumenti, raffinati nel corso della storia, per fare giochi intellettuali con la realtà: giochi di scienza, giochi d'arte, giochi di linguaggio, giochi di logica… Quando l'insegnante si mette accanto ai bambini che guardano il mondo, accetta la condizione di iniziarli a questo tipo di giochi, giocando in prima persona.

Aiutato dai bambini a ritrovare sguardi aperti che si confrontano con la concretezza resistente delle cose, si troverà nella condizione ideale per cercare nella sua esperienza culturale gli at-

trezzi, gli espedienti, le tecniche, per usarli con i bambini piegandoli alle esigenze della situazione, riscoprendone potenzialità di interpretazione, di espressione, di arricchimento del mondo. Abbandonarsi ai bambini e lasciarsi portare dai loro modi di mettersi in rapporto con le cose forse è la parte più facile (e piacevole) dell'impresa: quello che è difficile è non cadere nel comodo tranello di far finta di essere bambini!

Indagando il sapore dell'acqua, i bambini dicono:

"L' acqua del mare è salata perché c'è il sale"
"Si sente bene che c'è il sale è amara amara"
"Quella dei fiumi e dei laghi non si sa... ma non è salata perché solo il mare c'ha il sale"
"Quella delle pozzanghere sa di terra!"
"Quella del rubinetto e delle bottiglie sa d'acqua"
" Sa di acqua e non sa di nulla..."
"Ci si deve aggiungere qualcosa e allora sì che sa"

Assaggiando l'acqua che beviamo tutti i giorni:

"È come si diceva, sa d'acqua!"
"Mi sembra che sa... di niente!"
"Forse se devo dire proprio qualcosa... è un po' amarina"
"Per me è acqua"

(Scuola Infanzia di Legoli, insegnanti Michela Giorgi, Antonella Sartini)

Molta della professionalità dell'insegnante, tanto più nei primi anni della scuola, riguarda la capacità di usare e far usare gli strumenti che la cultura mette a disposizione, però senza banalizzarli e senza riprodurre modi stereotipati ma sapendoli re-inventare così da arricchire i bisogni di conoscenza dei bambini pur rispettando i loro scopi.

Criticità e potenzialità della mediazione dell'insegnante

Per quanto riguarda le scienze naturali e la biologia, generalmente nelle scuole si intraprendono percorsi che prevedono di:

- osservare e prendersi cura di piante e animali,
- manipolare materiali,
-far succedere piccoli fenomeni,
- concentrarsi sul proprio corpo e le proprie sensazioni, fare confronti con altri e accorgersi di somiglianze e differenze.

Cuore della riflessione è però la valutazione delle condizioni per svolgere queste attività, i modi di presentarle, i tempi necessari, le fasi, i modi di interagire con i bambini nei discorsi, in modo da capire quanto gli ambienti di apprendimento creati siano adeguati per aggiungere significato alle idee che i bambini hanno già sul mondo vivente, per confrontarle con altre. Bruner scrive: "Fare significato implica situare gli incontri con il mondo nel loro contesto culturale appropriato, al fine di sapere 'di cosa si tratta in definitiva'. Benché i significati siano 'nella mente', hanno origine e rilevanza nella cultura in cui sono stati creati (…) Il punto non è se esistano o meno dei 'significati privati'; quello che conta è che i significati costituiscono la base dello scambio culturale. In quest'ottica il conoscere e il comunicare sono per loro stessa natura profondamente interdipendenti, direi anzi praticamente inseparabili. (...) È la cultura che ci fornisce gli strumenti per organizzare e per capire il nostro mondo in forme comunicabili"[3]. Più avanti Bruner sottolinea che "a differenza dell'elaborazione di informazioni (il fare significato) è una operazione interpretativa, carica di ambiguità, sensibile al particolare contesto, e spesso avviene a posteriori"[4].

È dunque con questo tipo di processo che dialoga l'intervento didattico. Occorre domandarsi se e come le idee dei bambini possono evolvere verso le concezioni sul funzionamento della vita che la scienza mette a disposizione nella nostra cultura attuale, concezioni scientifiche che integrano conoscenze con modi di guardare ai fenomeni biologici, con modi di indagare e di organizzare

3. Bruner J, *La cultura dell'educazione,* Milano, Feltrinelli, 2002.

4. Ivi, 20.

informazioni nuove, e che permettono di muoversi meglio nelle situazioni di vita quotidiana, talvolta problematiche. Non sempre, infatti, anche da adulti si fanno scelte adeguate quando ci si confronta con il mondo biologico.

Qualche esempio. È una utile e spontanea strategia cognitiva quella di proiettare sugli altri viventi la conoscenza che si ha di se stessi, dei propri bisogni, intenzioni, cambiamenti. Nonostante sia rimproverata come visione antropomorfica da far rapidamente superare con l'istruzione, permette di capire abbastanza sulla natura dei viventi e induce rapporti di tipo affettivo che sono anche alla base di atteggiamenti di empatia e di rispetto. Invece l'ideologizzazione della realtà biologica (la "Natura"), la proiezione di criteri etici o sociali che appartengono alla cultura umana nell'interpretazione degli altri viventi non solo è inutile ma fa confusione tra i modi di funzionare della realtà biologica e quelli della società umana: quelli si sono evoluti all'interno di vincoli fisici e ambientali, questi dipendono da vincoli, regole e fini creati/scelti/subiti dalla comunità umana in tempi storici.

E ancora: molti aspetti sperimentabili trovano spiegazione in cose che appartengono alla struttura invisibile del vivente o comunque non sperimentabile; però, non si "smonta" una formica come si farebbe con un giocattolo meccanico o con un pezzo di legno. D'altra parte dare informazioni ai bambini su quello che non sanno può essere dannoso se acquieta una loro curiosità immediata, fornisce un termine corretto ma blocca il ragionamento e non introduce stimoli per andare avanti. Invece, attirare l'attenzione sul *"cosa succede dentro quando…"*, su *"cosa entra e cosa esce … come e dove va"*, su *"cosa cambia dentro rispetto a ciò che vediamo cambiare fuori"*, formulare domande giuste al momento giusto, ricordando e mettendo in relazione esperienze già fatte, sono strategie per cominciare a costruire modelli, magari passando attraverso analogie che possono funzionare bene per il momento e che solo più avanti saranno riconosciute come parziali o inadeguate[5].

Sempre per citare Bruner: "L'arte di sollevare interrogativi stimolanti è probabilmente importante quanto l'arte di dare risposte chiare. E dovrei aggiungere: l'arte di coltivare queste domande, di tener vive le buone domande è importante quanto le altre due. Le buone domande sono quelle che pongono dei dilemmi, che sovvertono le verità ovvie o canoniche e impongono alla nostra attenzione le incongruità"[6].

I bambini cominciano fin dai primi mesi di vita a formare categorie di cose e di fenomeni per aggiustare le loro aspettative verso gli eventi della realtà che li circonda. Fanno molto presto *distinzioni* tra il dominio degli "oggetti" viventi e del mondo fisico, e attribuiscono via via una specificità di principi che forse ha origine anche nella lunga storia evolutiva della specie, in quanto risponde a regole di adattamento all'ambiente in cui la specie umana si è evoluta. L'obiettivo scolastico di insegnare la distinzione tra vivente e non vivente appare molto ingenuo da una parte e dall'altra impossibile, dal momento che neppure la scienza moderna concorda su una definizione di vita.

Prendersi cura per un certo tempo di organismi viventi crea le condizioni favorevoli dal punto di vista emotivo, cognitivo e sociale per accumulare tante piccole osservazioni sui modi di essere e di

5. Arcà e Aiolfi, *Essere-Avere un corpo*, Udine, Laboratorio formazione in servizio MCE, 2018-2019.

6. Bruner J, *La cultura dell'educazione,* cit., 141.

vivere che "naturalmente" evolveranno in conoscenza sulle peculiarità di categorie di viventi e su ciò che li accomuna in quanto viventi[7].
Contemporaneamente, però, si può dire che i bambini hanno uno *sguardo olistico*, perché non separano in parti ciò che si manifesta nella sua globalità; in questo modo sono ancora capaci di cogliere o forse *intuire l'intreccio tra le parti* che è ciò che produce risposte coerenti. Per intenderci: non hanno un concetto di *organismo*, ma considerano e parlano di *corpo* e del funzionamento degli altri viventi in quanto appunto corpi
La scuola, invece, ha una gran fretta di distruggere questo sguardo e di presentare la realtà in pezzi, in parti di un tutto, in categorie di analisi senza poi preoccuparsi molto di rimettere tutto insieme e lavorare su connessioni, discontinuità, interazioni, scambi… Almeno la scuola dell'infanzia potrebbe sottrarsi a questa corsa!

La conoscenza del vivente: le aspettative verso i processi di apprendimento

Del quadro che fa da sfondo e dà spessore ai percorsi d'apprendimento fanno parte le intenzioni che guidano l'educatore rispetto alle competenze da consolidare, spendibili sia nella vita personale che nella partecipazione civile, e riguardo a scelte di valori. Le nostre aspettative riguardano l'intero percorso di formazione inteso come un processo longitudinale coerente che si sviluppa negli anni dell'obbligo scolastico e non sono traducibili solo in capacità misurabili per la valutazione scolastica. Si può in una certa misura *valutare il grado di comprensione di concetti* che sono stati considerati come portanti all'interno di una conoscenza scientifica del mondo vivente, ma questi non garantiscono *l'acquisizione di capacità*. Queste possono prendere forma e rivelarsi se si danno le occasioni per usarle, per esercitarle e se scuola e famiglia collaborano nel creare queste occasioni. Con riferimento alle *Competenze chiave di cittadinanza* [8], le attese (ideali, se vogliamo) riguardano:
- la gestione del proprio corpo e la salvaguardia del benessere fisico/psichico (decifrare i segni/segnali del corpo, conoscere le funzioni biologiche per controllare meglio le ansie che derivano dalle loro alterazioni e per interagire con i medici in modo consapevole, per vivere la sessualità, per fare scelte, prendere decisioni, affrontare rischi connessi con l'alimentazione, il fumo, le droghe, per affrontare il dolore e la morte);
- il senso di appartenenza al mondo degli altri viventi;
- il decentramento sulle esigenze degli altri, umani e non umani;
- la ricerca di modalità di convivenza e l'assunzione di responsabilità per questa capacità di guardare al paesaggio come ad una risultante tra azione umana e naturale e come prodotto storico;
- l'interpretazione del proprio ambiente di vita (riconoscere tracce di eventi passati e segnali di eventi in corso, assumere ruoli attivi e reattivi ragionati in processi di mantenimento e di cambiamento);
- la disponibilità a riconoscere l'esistenza di punti di vista e di interessi diversi da parte di diversi attori in un contesto ambientale;
- la ricerca di relazioni tra fattori ecologici, sociali, economici in una prospettiva storica;

7. Arcà M, Mazzoli P, Sucapane N, *Organismi viventi. Forme, trasformazioni e sviluppo, Itinerari per le classi prima, seconda e terza elementare*, Torino, Emme Edizioni, 1988.

8. Competenze chiave di cittadinanza https://archivio.pubblica.istruzione.it/normativa/2007/allegati/all2_dm139new.pdf

- la capacità di interrogarsi sui propri comportamenti relativi all'uso di beni di consumo e di risorse, di mettere in relazione questi con cicli locali e globali;
- la capacità di convivere con problemi aperti, con approcci probabilistici nella ricerca di soluzioni, di accettare soluzioni approssimate, non univoche;
- la capacità di prendere in considerazione argomenti contrastanti e di fare delle scelte e giustificarle;
- la volontà e capacità di cercare (selezionare, interpretare, valutare) informazione su aspetti non conosciuti.

I viventi: modi di essere, di diventare, di entrare in relazione

La progettazione di possibili percorsi d'apprendimento deve tener conto di uno sfondo che suggerisce la mappa e le mete. Quello che propongo è sintetico da una parte, e troppo generale dall'altra, ma contiene alcuni punti di riferimento validi a prescindere dai livelli specifici di insegnamento. A mio parere, la conoscenza del mondo vivente si dipana *a qualunque età* attraverso un gioco tra piani di attenzione in cui si mettono a fuoco ora:
- il *sé* (unità corpo/mente – identità giocata tra permanenza e cambiamento)
- gli *altri* (umani e non-umani, a cerchi via via allargati di vicinanza sia psicologica che fisica)
- l'*ambiente* (psicologico, naturale, sociale, culturale…).

Lo sviluppo della conoscenza avviene attraverso la combinazione di diverse strategie cognitive:
- un andirivieni tra *distinzione* e *inquadramento* reciproco di questi tre poli di attenzione,
- la ricostruzione di *storie* (che considerano archi di tempo ora a breve ora a lungo termine),
- l'uso di *immaginazione sapiente* delle cose e dei fenomeni che si collocano a livello di realtà non percepibile.

Quando il conoscere percorre la strada delle distinzioni, si concentra sul riconoscimento (e organizza concetti) di individualità, di specificità strutturali e funzionali, di modi di abitare il mondo, fino a raggiungere la comprensione della bio-relatività dell'ambiente, cioè della impossibilità di definire cosa è un ambiente in assoluto. L'ambiente di ogni specie (e quasi di ogni organismo) può essere definito solo relativamente ad essa, cioè riconoscendo quali sono le specifiche relazioni che la collegano all'ambiente di vita[9].

Quando la strategia scelta è quella di inquadrare nel contesto di riferimento (per esempio, il sé rispetto agli altri, rispetto all'ambiente, la realtà biologica rispetto a quella fisica, …), l'attenzione si sposta su ciò che *mette in relazione* (per es. strutture che connettono, che fanno circolare), sugli scambi (materiali, energetici, genetici), su interazioni, su comunicazione (per esempio, si prendono in considerazione segnali, linguaggi, intenzioni, scopi …). Ci si deve accorgere anche di ciò che ostacola o che regola l'interconnessione e i flussi per esempio confini, barriere, meccanismi non solo strutturali che funzionano da valvola e regolazione. Nella costruzione di storie emergono soprattutto i cambiamenti, *i processi nel tempo* (paralleli e intrecciati, sfasati, reversibili o irreversibili) ma anche le interrelazioni tra i protagonisti (accordi /conflitti /compromessi…), che variano secondo chi è implicato, secondo scale di grandezza, dimensioni spaziali e temporali.

Questi modi di guardare, di far esperienza, e la riflessione che deve accompagnarli sono neces-

sari perché possa maturare in lunghi percorsi di apprendimento la consapevolezza della *organizzazione sistemica e dinamica* del mondo vivente che garantisce *continuità e flessibilità,* e che è garantita dalla *diversità dei viventi* e dalla comparsa di *novità genetiche* nell'arco di lunghissimi processi di cambiamento.
Natura della *materia* (non vivente e vivente) e *regole di trasformazione della energia* sono però le condizioni vincolanti per la vita e per questo è importante che i percorsi educativi facciano *procedere in parallelo l'esperienza e conoscenza del vivente con l'esperienza delle proprietà e dei comportamenti della materia, del movimento di corpi in condizioni diverse*.

Le operazioni cognitive importanti
L'insegnante comincerà con l'aiutare i bambini a guardare le qualità di cose provenienti da organismi animali e vegetali, come per esempio foglie diverse (verdi e colorate) anche di piante grasse o di piante aromatiche, steli, legno fresco, gomma degli alberi, resina, frutti, chicchi di cereali, legumi, carne, latte, uova... interrogandosi anzitutto su quale parte siano di …, come siano connessi con l'intero organismo, su chi li ha prodotti e come cambiano nel tempo.
Il passaggio successivo sarà confrontare sensazioni ricevute da materiali organici diversi e rilevare comportamenti di interazione con diversi materiali, per esempio con acqua e con acidi. Sarà così possibile riconoscere somiglianze nelle percezioni ricevute (al tatto, odori), somiglianze e differenze di qualità, "famiglie" di cambiamenti.

Una gamma di possibili situazioni per fare esperienza
Molte le esperienze che l'insegnante può proporre e che gli stessi bambini possono suggerire:
- toccare gli "oggetti" e descrivere le sensazioni ricevute;

Osservazioni e discorsi dei bambini durante l'iter didattico sul ciclo vitale delle piante

Fase del riconoscimento dei semi
"io mi ricordo: se metti un semino sotto la terra poi diventa una pianta, un fiore o un albero!".

Fase della germinazione
"...hanno messo le gambine... una va in giù, è bianca, l'altra va in su ed e un po' giallina e un po' verde, in cima ha un pallino il pisello!"
"La gambina che va in giù ha dei pelini... è la radice... quella che va in su è il gambo... forse di un fiore... o di una piantina!" "La pallina fa allungare il gambo e sparisce!! La pallina fa allungare il gambo e la parte bianca e anche la radicina!!"

Fase di osservazione del fiore e del baccello:
"Questi sono i fiori dei piselli, sono bianchi, hanno la forma di una conchiglia!...le foglie sembrano dei ventagli... poi ci sono dei piccoli filini a ricciolini... poi c'è quello, è un baccello... vedrai dentro ci sono i pisellini..."
"questi fiori sono bianchi ma ci sono delle piccole righine verdi, poi hanno quattro petali belli attaccati rotondi!..
"I petali sono attaccati due ...e poi altri due!.. Poi lì c'è un baccellino... è quello dove ci sono i baccelli!!"
"no i fagioli..."
"ma no ci sono i piselli!... perché il seme era quello dei piselli !!!"
"Questi sono proprio quelli dei piselli... anche se poi è nato quel baccellino lì, ma dentro quello lì c'ha solo i piselli... vedrai che tra un pochino si vedono!"
"Il fiore ha due petali che si toccano e dentro ce ne sono altri due quando è chiuso sembra come il boccio di rose!"
"I baccellini sono gonfi... sono pieni... c'è qualcosa!...i piselli!!!"

Apertura di alcuni baccelli:
"Ci sono 3 piselli...sono usciti tanti piselli... quel baccello li teneva dentro..."
"Una piantina fa tanti piselli!!!"
"Maestra ma se li secchi poi si seminano, rinascono le piantine e fanno tanti piselli!!!"

(Scuola Infanzia di Musigliano, ins. Gina Grassi))

9. Von Uexküll J, *Ambienti animali e ambienti umani. Una passeggiata in mondi sconosciuti e invisibili*, Macerata, Quodlibet, 2010.

- tagliare, pestare gli oggetti e descrivere il modo in cui si rompono;
- aggiungere acqua agli oggetti pestati, fare osservazioni (subito e a distanza di un po' tempo) sui cambiamenti che si osservano negli oggetti e nell'acqua (anche filtrando il miscuglio);
- aggiungere gocce di acido (limone, aceto) a latte, acqua filtrata dai miscugli precedenti;
- lasciare in acqua per giorni, vegetali, acqua e carne, latte, legumi, cereali e fare osservazioni ripetute ogni giorno sulle trasformazioni che si possono via via percepire con vari sensi e che possono suggerire l'intervento di microrganismi;
- lasciare seccare all'aria e al sole vegetali diversi, carne, latte, uovo;
- osservare gli effetti prodotti dal calore: mettere gli "oggetti" (foglie verdi e di cavolo rosso, cereali, legumi, uova, carne, latte) a cuocere in acqua, a scaldare in assenza di acqua fino a bruciare: fare osservazioni sui cambiamenti, su tutto ciò che "esce" (odori, fumi, vapori), sulle trasformazioni che si producono, sul tempo che ci mettono a carbonizzare;
- portare in classe brodo di carne e ossa: osservare le qualità della carne cotta, delle ossa e del brodo;
- fare caramellare marmellata o zucchero; estrarre olio da semi di girasole, di mais, da noccioline americane (schiacciando, scaldando, mettendo su carta assorbente da cucina e pressando);
- bruciare una nocciolina e un fagiolo attaccati su un ferro da calza: confrontare questi modi di prendere fuoco/bruciare con la fiamma con quelli di "arrostirsi" nel tegame.

Si possono fare collegamenti tra la necessità di cuocere i cibi per potersi alimentare, la digestione e le trasformazioni prodotte dal calore.

Osservare gli effetti del freddo (non solo il calore, anche il freddo trasforma):

- congelare vegetali;
- mettere in frigo brodo, marmellata.

Noi non possiamo mangiare cose surgelate, ma neppure i microrganismi possono farlo!

Ho elencato una gamma di materiali e di possibili esperienze, ma la scelta di quali e quante, di una sequenza a ragion veduta, è lasciata all' autonomia dell'insegnante e anche alla iniziativa dei bambini che certamente proporranno cose da osservare e "pasticciamenti" da fare. La documentazione di esperienze altrui e i suggerimenti di lettura presenti sul sito di Naturalmentescienza[10] possono servire per approfondire le idee che formano l'orizzonte verso cui camminare insieme ai bambini nell'ambito di un curricolo longitudinale.

Alcune proposte sperimentate nelle sezioni insieme agli insegnanti hanno come filo conduttore l'acqua. Si incomincia con i giochi per riscoprirne le proprietà attraverso l'uso dei cinque sensi": si dipinge con i colori e poi si sperimentano alcune interazioni con materiali noti come il sale, lo zucchero, il caffè, l'olio, la farina, l'aria. Con i fiori e con le verdure si scopre l'infiltrazione dell'acqua, rendendola ben visibile con i colori. Il sapore, il colore e anche il suono dell'acqua non sfuggono all'attenzione indagatrice dei piccoli.

Un'ultima cosa non meno importante: tutta l'azione didattica ha bisogno di tempi distesi, inizialmente per progettare l'attività e poi per osservare, ascoltare e interpretare ciò che fanno e dicono i bambini. L'insegnante che non ha fretta passerà il messaggio che il tempo utilizzato per esplorare un oggetto o un fenomeno e per capire come funzionano le cose è ben speso. Si tratta di un investimento che darà frutti nel tempo. Fortunatamente nella scuola dell'infanzia il tempo non manca! ●

10. https://www.naturalmente-scienza.it/sections/?s=583

ACTA ADRIATICA

Perché presentare ai lettori di *Naturalmente Scienza* le riviste scientifiche? Oltre al fatto che i loro articoli sono scritti perlopiù in inglese – il che può rappresentare una difficoltà per molti –, essi adoperano il gergo scientifico, stringato, denso di informazioni essenziali spesso sintetizzate in grafici e tabelle, ricco di rimandi a precedenti studi (i riferimenti bibliografici). Insomma, una lettura piuttosto ostica per i non addetti ai lavori. Tuttavia, i più coraggiosi, oltre a quelli che hanno praticato e praticano una qualche forma di ricerca, potranno 'dare un'occhiatina' per rendersi conto di prima mano delle fonti di informazione scientifica primaria ufficiale; quelle fonti da cui gli autori che contribuiscono alla nostra rivista pescano per costruire i loro articoli su solide basi scientifiche. In definitiva, questa recensione è un tentativo, che speriamo non vano, di avvicinare ulteriormente i nostri lettori al mondo della Scienza, facendo loro conoscere un tassello fondamentale del processo di diffusione delle conoscenze scientifiche che man mano si acquisiscono sul campo o nei laboratori.

Acta Adriatica è una rivista scientifica di interesse prevalentemente europeo. Questa, insieme a sole poche altre, ha la caratteristica notevole dell'*open access* (accesso gratuito) senza *page charge* (spese di pubblicazione), senza cioè che i potenziali autori sborsino denaro per pubblicarvi i loro articoli.

Fu fondata nel lontano 1932 come organo dell'Istituto di Oceanografia e Pesca di Spalato, Croazia [*Institut za oceanografiju i ribarstvo*, Split] e per oltre 80 anni, fino a oggi, ha continuato a essere pubblicata con la sola interruzione del periodo bellico, tra il 1942 e il 1947. È una rivista che si occupa dei vari aspetti dell'oceanografia: biologica, chimica, fisica e geologica. A tal proposito, vale la pena sottolineare che lo storico laboratorio di Spalato era ed è stato per diversi decenni l'unico adriatico a occuparsi a tutto tondo di oceanografia.

Agli albori *Acta Adriatica* era, secondo gli intendimenti dei fondatori e nel rispetto del suo nome, dedicata a ricerche condotte nel Mar Adriatico, prevalentemente da parte degli studiosi dell'istituto spalatino; in seguito, con il consolidamento della sua stessa importanza e di quella dell'istituto, si aprì a contributi di scienziati di altri laboratori e di altri Paesi.

Scorrere le sue pagine, dai primissimi numeri a oggi, ci fornisce uno spaccato delle progressive acquisizioni oceanografiche relative all'Adriatico e al Mediterraneo, come pure dell'evoluzione dei modi di condurre le ricerche marine.

È interessante notare che, nei primi numeri, le lingue più usate per gli articoli erano il tedesco e il francese, la prima per influenze di ordine geo-politico (non dimentichiamo che all'epoca c'era anche un istituto "Italo-Germanico di Biologia Marina" a Rovigno d'Istria – oggi Rovinj, Slovenia); mentre il francese deteneva il primato di lingua sopranazionale. Attualmente, la rivista pubblica solo in inglese, la nuova lingua franca del mondo scientifico internazionale.

Ancora oggi *Acta Adriatica* (ISSN 1849-0453) pubblica articoli nei vari settori dell'oceanografia, anche se predominano di netto quelli di Biologia Marina. Ogni volume annuale è costituito da due o tre numeri. L'attuale Editor-in-Chief è l'ittiologo Jakov Dulčić, che ne tiene saldamente il timone, col supporto tecnico di Anita Marušić.

Gli interessati e i curiosi possono consultare la rivista al sito: http://jadran.izor.hr/acta/ . Chi desidera ragguagli sull'Istituto di Spalato può ispezionare il suo sito: http://www.izor.hr/ .

Giambattista Bello

Hanno collaborato a questo numero:

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.

Fabrizio Bianchi, epidemiologo, ricercatore senior associato all'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR. Laureato in biologia, specializzato in statistica ed epidemiologia, ha coordinato numerosi progetti europei e nazionali. Docente in corsi universitari e master, collabora a quotidiani e periodici di divulgazione scientifica. È autore di oltre 350 articoli scientifici.

Paolo Cacciari è giornalista e attivista nei movimenti sociali, ambientalisti e per la decrescita. È autore di numerosi saggi sui temi dell'economia solidale tra cui *Decrescita o barbarie* (2006), *Vie di fuga* (2014), *101 piccole rivoluzioni* (2017).

Sara Campanella, dottorato di ricerca in Filosofia, Master in Giornalismo e comunicazione istituzionale della scienza presso l'Università degli Studi di Ferrara. Attualmente collabora con la cattedra di Filosofia della scienza di Elena Gagliasso presso La Sapienza, Università di Roma e insegna Storia e Filosofia presso i Licei della provincia di Padova.

Silvia Caravita, laureata in Scienze Biologiche, ricercatrice presso l'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione di Roma, del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Si è occupata dello studio dei processi di apprendimento e ha svolto ricerca con il gruppo di psicopedagogia su temi legati all'educazione scientifica a partire dalla scuola dell'infanzia.

Antonella Cecchettini, dottorato di ricerca in Biologia Evoluzionistica, ricercatrice nel Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale (Università di Pisa), dal 2005 associata presso l'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR di Pisa. È socia dell'Associazione culturale Donne e Scienza che ha come scopo principale quello di promuovere l'ingresso e la carriera delle donne nella ricerca scientifica.

Liliana Cori è esperta di comunicazione e percezione del rischio, politiche europee in ambiente e salute e gestione di progetti internazionali. Laureata in lettere con indirizzo antropologico, lavora all'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR. Si è occupata del coordinamento di campagne di informazione, formazione e advocacy di ONG italiane, tra cui Greenpeace, Cospe e Crocevia. Docente in corsi universitari e master, collabora a quotidiani e periodici di divulgazione scientifica.

Tomaso Di Fraia insegna Archeologia dell'età dei metalli all'Università di Pisa e Preistoria e protostoria europea alla Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici della stessa Università. È socio collaboratore dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria.

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 importate 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. 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.

Elena Gagliasso, epistemologa, docente di Filosofia della scienza e Filosofia e scienze del vivente a Filosofia (Sapienza-Università di Roma) tratta le declinazioni del rapporto scienza-società e le metodologie, le trasformazioni categoriali e la storia della biologia evolutiva e dell'ecologia. Segnaliamo il suo ultimo libro (con Morganti e Passariello): *Lezioni di filosofia di biologia* (2016).

Nicola Messina, laureato all'Università di Pisa, ha compiuto attività di ricerca botanica al CNR. Esploratore e naturalista ha percorso l'Estremo Oriente in lungo e in largo costruendo orti botanici e scattando bellissime fotografie. Collaboratore di *Naturalmente*, riprende ora con *NATURALMENTE Scienza*.

Stefano Piazzini, È stato docente di Scienze Naturali, Chimica e Geografia nel Liceo Scientifico. Ha collaborato con le Case Editrici Bovolenta e Zanichelli come autore di testi di Biologia, Chimica e Scienze della Terra. Si occupa di didattica delle Scienze Naturali. Ha coordinato i lavori di ripristino del Museo "Paolucci" di Scienze Naturali. È stato presidente dell'ANISN Marche.

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.

Giovanni Scillitani è professore di Anatomia comparata e Zoologia dei Vertebrati nell'Università degli studi di Bari Aldo Moro. Si occupa di erpetologia, in particolare della diversità degli Anfibi e dei Rettili del Bacino Mediterraneo, dell'evoluzione del loro tubo digerente e delle anomalie dello sviluppo embrionale in presenza di inquinanti. Si interessa anche di conservazione, didattica e museologia ed è tra i fondatori della *Societas Herpetologica Italica*.

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*.

Vincenzo Terreni, laureato in Biologia, ha insegnato a Pontedera curando i siti Scienze a Scuola, *NATURALMENTEscienza*, Laboratorio Didattico Territoriale. Si occupa di formazione per docenti di Scienze sperimentali.

Hanno inoltre partecipato i curatori della mostra "La plastica e noi" allestita nel Museo di Storia Naturale di Calci: **Elena Bonaccorsi**, docente presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa e Direttrice del Museo; **Silvia Battaglini** e **Patrizia Scaglia** che si occupano dell'area comunicazione del Museo; **Marco Dellacasa**, **Simone Farina** e **Chiara Sorbini**, curatori rispettivamente delle collezioni di zoologia degli invertebrati, dei vertebrati e della paleontologia; **Silvia Merlino** e **Marina Locritani**, ricercatrici, rispettivamente dell'Istituto di Scienze Marine (ISMAR) del CNR della sede di Lerici e dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) sede di Portovenere, che da anni si dedicano allo studio del problema dei *marine litter*.