

# naturalmente scienza

giugno 2024

anno 5

numero 2

quadrimestrale

## in questo numero:

**IN PRIMO PIANO:** *Il nuovo greenwashing degli insetti edibili* di Piero Sagnibene • *Insetti edibili: l'ecologia e la storia dietro il disgusto* di Sara Ruschioni • *Al di là dell'estetica: i fattori in gioco nell'accettazione della novità alimentare* di Alessia Fallocco • **RITRATTO DI FAMIGLIA:** *Lumbricidae* di Piero Sagnibene • **CONTRIBUTI:** *La memoria di tutte le guerre* di Eleonora Polo • *Com'è difficile capirsi* di Paola Bortolon • *Il mondo unidimensionale dell'ingegneria genetica* di Angelika Hilbeck • **UNO SCATTO ALLA NATURA:** *Fly attack!* di Marco Bondini • **SORELLE SCIENZIETTE:** *Che cos'è "naturale" e che cos'è "artificiale"* di Lucia e Margherita Duca • **FARE SCUOLA:** *La comprensione del testo: un processo complesso e sottovalutato* di Lucrezia Pedrali • *Apprendimento e insegnamento della lettura profonda* di Lucia Stelli • **IN MEMORIAM:** *Enrico Pappalettere (1946-2014)* di Vincenzo Terreni

# *naturalmente scienza*

**giugno 2024  
anno 5  
numero 2  
quadrimestrale**

*Direttore responsabile*

Alessandra Borghini

*Direzione scientifica*

Vincenzo Terreni, Maria Turchetto

*Comitato editoriale*

Giambattista Bello, Paola Bortolon,  
Maria Castelli, Raffaello Corsi,  
Fabio Fantini, Lucia Stelli

*Proprietà della testata*

Vincenzo Terreni

*Comitato scientifico*

Germano Bellisola (Liceo Classico Vicenza), Elena Bonaccorsi (Università di Pisa), Silvia Caravita (CNR Roma), Aldo Corriero (Università di Bari), Elena Falaschi (Università di Pisa), Elena Gagliasso (Università di Roma "La Sapienza"), Irene Gatti (MIM Roma), Bruno Massa (Università di Palermo), Alessandro Minelli (Università di Padova), Stefano Piazzini (Liceo Scientifico Ancona), Marco Piccolino (Università di Ferrara), Giovanni Scillitani (Università di Bari)

Gli articoli pubblicati nelle sezioni *In primo piano*, *Focus*, *Contributi* e *Fare scuola* sono sottoposti a un processo di revisione anonimo tra pari (*blind peer review*).

*Informazioni e contatti*

<https://www.naturalmentescienza.it>

[redazione@naturalmentescienza.it](mailto:redazione@naturalmentescienza.it)

+39 349 6396739

*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:

BANCO POPOLARE

IBAN IT38G0503414011000000359148

Registrazione presso il Tribunale di Pisa n. 1/2021

© Copyright 2024

Edizioni ETS

Palazzo Roncioni - Lungarno Mediceo, 16 - 56127 Pisa

[info@edizioniets.com](mailto:info@edizioniets.com)

[www.edizioniets.com](http://www.edizioniets.com)

*Distribuzione*

Messaggerie Libri SPA

Sede legale: via G. Verdi 8 - 20090 Assago (MI)

*Promozione*

PDE PROMOZIONE SRL

via Zago 2/2 - 40128 Bologna

# editoriale

Il voto per le elezioni europee è assai importante per il futuro dell'Unione.

L'Europa ha attraversato settant'anni di pace e di crescita costante del benessere dei suoi cittadini, nonostante il persistere di profonde disuguaglianze. Ha superato anche il ritiro della Gran Bretagna dall'Unione senza le conseguenze negative che invece hanno messo in difficoltà gli Inglesi. Ora però le cose sono cambiate rapidamente e l'Europa, dopo una pandemia che è riuscita a contenere, si ritrova con la guerra alle porte a causa dell'invasione dell'Ucraina da parte della Federazione Russa e al terribile attacco ad Israele da parte di Hamas che ha determinato una risposta che sembra senza fine. Il blocco del canale di Suez a causa dell'aumento degli attacchi dei ribelli Yemeniti Huthi determina una tensione crescente anche in quell'area. L'Europa quindi si trova nella necessità assoluta di aumentare la sua autorevolezza nel mondo per ricercare un equilibrio globale tra le superpotenze di USA e Cina. Gli Stati Uniti vanno alle elezioni del Presidente con grandi rischi di inadeguatezza da parte del presidente uscente e l'arroganza di un ex presidente che vuol riacciuffare il potere ad ogni costo. La Cina porta avanti sempre più spesso "esercitazioni marine" attorno a Taiwan che non promettono pace e amicizia.

Insomma, l'Europa dovrà meditare a fondo su ciò che Luigi Einaudi scrisse nel 1954: "La necessità di unificare l'Europa è evidente. Gli Stati esistenti sono polvere senza sostanza. Nessuno di essi è in grado di sopportare il costo di una difesa autonoma. Solo l'unione può farli durare. Il problema non è tra l'indipendenza e l'unione: è tra esistere uniti e lo scomparire".

Questo periodo pericoloso e complesso per la geopolitica è inoltre di fronte ad una prospettiva senza precedenti di cambiamento climatico che si potrà superare solo con una Europa in grado di promuovere una serie di risposte adeguate e coordinate tra tutti i soggetti politici del nostro pianeta. "Ascoltare la scienza" sostengono 22 società scientifiche italiane che hanno firmato un appello in vista delle elezioni europee 2024. Ogni ricerca condotta dimostra senza dubbio che l'influenza umana è la causa predominante dei cambiamenti climatici e della trasformazione dei sistemi naturali.

Il comportamento degli uomini è il fattore principale che accelera la perdita di biodiversità; il degrado delle condizioni ambientali causa danni economici e sociali significativi e mette a rischio la salute e la vita degli altri abitanti del pianeta e anche la nostra.

A causa della disinformazione sistematica sostenuta da interessi economici, il quadro generale definito dagli scienziati non è conosciuto né accettato dalla maggior parte della gente.

Quello che è stato fatto fino ad ora dall'Europa percorre una politica ambientale sostanzialmente corretta che dovrà essere sostenuta ancor più fermamente dal prossimo Parlamento europeo.

I 76 deputati italiani eletti in Europa difficilmente saranno in grado di interpretare e rafforzare le necessità più impellenti.

Chissà se il nuovo Parlamento riuscirà a costruire un'Europa adeguata. C'è da sperare in una forte assunzione di responsabilità che ostacoli l'attuale tendenza da parte di *Homo sapiens* ad essere la prima specie conosciuta responsabile della propria estinzione.

## SOMMARIO

### IN PRIMO PIANO: NUOVI CIBI

Il nuovo <i>greenwashing</i> degli insetti edibili <i>di Piero Sagnibene</i> .....	5
Insetti edibili: l'ecologia e la storia dietro il disgusto <i>di Sara Ruschioni</i> .....	11
Al di là dell'estetica: i fattori in gioco nell'accettazione della novità alimentare <i>di Alessia Fallocco</i> .....	15

### RITRATTO DI FAMIGLIA

Lumbricidae <i>di Piero Sagnibene</i> .....	21
--	----

### CONTRIBUTI

La memoria di tutte le guerre <i>di Eleonora Polo</i> .....	27
Com'è difficile capirsi <i>di Paola Bortolon</i> .....	35
Il mondo unidimensionale dell'ingegneria genetica <i>di Angelika Hilbeck</i> .....	38

### UNO SCATTO ALLA NATURA

Fly attack! <i>di Marco Bondini</i> .....	47
--	----

### SORELLE SCIENZIETTE

Che cos'è "naturale" e che cos'è "artificiale"? <i>di Lucia e Margherita Duca</i> .....	49
--	----

### FARE SCUOLA

La comprensione del testo: un processo complesso e sottovalutato <i>di Lucrezia Pedrali</i> .....	53
Apprendimento e insegnamento della lettura profonda <i>di Lucia Stelli</i> .....	61

### IN MEMORIAM

Enrico Pappalettere (1946-2014) <i>di Vincenzo Terreni</i> .....	69
---	----

## Il nuovo *greenwashing* degli insetti edibili

Piero Sagnibene

A new greenwashing is underway, i.e. facade ecologism, a communication strategy aimed at inducing the consumption of insects, distracting the consumer from the negative effects on the environment and on his health. What greenwashing attempts to overcome is the natural revulsion towards insects used as food. However, so far, possible allergies, the presence of antinutrients and other possible harmful effects on health have been little or not studied at all. Insects also host parasites. All this makes us understand why, millennia ago, many human communities renounced entomophagy as a prophylactic measure against diseases and infections; nor does the FAO inform us how and whether even the minimal and marginal consumption of insects has caused damage to the health of those populations whose food poverty pushes them to use insects and arthropods as small protein food supplements.

Key words: *Edible insects, Entomophagy*

Secondo la FAO, l’Agenzia delle Nazioni Unite che si occupa di alimentazione, il nostro futuro alimentare è diventare mangiatori di insetti (FAO, *The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment*). La FAO considera che gli insetti commestibili appartengano alla dieta di 2 miliardi di persone, quasi un terzo della popolazione mondiale, senza rilevare che, per quelle sventurate popolazioni, gli insetti sono integratori di sussistenza, non cibo soddisfacente.

È già in atto un nuovo *greenwashing*, cioè ecologismo o ambientalismo di facciata, una strategia di comunicazione finalizzata ad indurre questo consumo, distogliendo il consumatore dagli effetti negativi per l’ambiente, per la produzione e i prodotti, e per la sua salute. Ciò che il *greenwashing* tenta di superare è la naturale repulsione per gli insetti assunti come cibo. È pur vero che le nostre scelte alimentari sono ideologiche, più che funzionali e appunto su questo aspetto opera il *greenwashing*.

Per fare un esempio banale di questa “scelta ideologica” degli alimenti, fino agli anni 60 del secolo scorso, il pesce bandiera, il *Lepidopus caudatus*, pescato nel golfo di Napoli, veniva scartato in quanto non trovava compratori, ma, contemporaneamente, al mercato ittico di Palermo aveva un costo molto elevato. Ciò non dipendeva, evidentemente, dal valore organolettico del pesce, ma da una diversa cultura alimentare. Basterebbe leggere il *Kasherut*, la legge alimentare biblica, per capire quanto l’aspetto culturale-ideologico ha portato a escludere dal consumo umano molte utili fonti di proteine e di carboidrati.





**Il pesce bandiera o pesce spatola  
(*Lepidopus caudatus*)**

La repulsione a nutrirsi di insetti della maggior parte dell'umanità sarebbe, dunque, un fatto ideologico, qualcosa da curare con il *greenwashing*, una efficace campagna di convinzione dei potenziali consumatori, come avviene per la maggior parte delle merci. La FAO indica gli insetti come la possibilità rimastaci di sopperire alla mancanza di cibo, e aggiunge che essi sarebbero anche molto efficienti nel convertire in proteine ciò di cui si cibano: i rifiuti (si tratta di specie allevate, che hanno una riproduzione massiva e una crescita veloce). Gli insetti sembrano essere l'ultima risorsa alimentare possibile prima del cibo sintetico, del quale non immaginiamo neppure quali possano essere le materie prime. Nel ragionare di questa politica in atto, promossa dalla FAO, per la quale gli alimenti sono merci e non valori d'uso, non possiamo però ignorare la tragedia di 783 milioni di persone che hanno sofferto la fame nel 2022, e di altre 600 milioni di persone, cronicamente denutrite, che si sono aggiunte a queste nel 2023. "È semplicemente vergognoso – scrive la Oxfam - che i Governi continuino ad anteporre gli interessi dei grandi colossi e dei miliardari dell'agroalimentare e dell'energia a quelli delle persone più vulnerabili, ampliando esponenzialmente le disuguaglianze tra pochi privilegiati e miliardi di persone che nella parte più povera del mondo non possono permettersi un'alimentazione adeguata o stanno letteralmente morendo di fame in questo preciso momento".

Stiamo affrontando uno spaventoso aumento della popolazione mondiale e la sovrappopolazione

umana pone oggi il problema di trovare altre fonti di nutrimento. La crescita fuori controllo delle popolazioni umane, che il pianeta non riesce più a sostenere, sembra accrescere la voracità dei profitti nel settore agro-alimentare, anch'essa fuori controllo in un mondo di diseguali, e la irrazionalità della utilizzazione delle risorse planetarie, dovuta anch'essa al calcolo dei profitti ricavabili dal bisogno di cibo e che porta alla distruzione stessa di queste risorse, impattano oggi con la devastante crisi ambientale che spinge gli umani e il pianeta stesso al collasso. Nel frattempo le aziende del settore alimentare hanno raddoppiato, e in molti casi triplicato, i loro profitti. Gli insetti potrebbero essere una fonte di proteine, complete di tutti gli aminoacidi essenziali e le farine di insetti sbriciolati sono ricche di micronutrienti e di minerali, come calcio, ferro, magnesio, e di vitamine come la B12, ma anche di molecole e sostanze con le quali gli insetti si sono difesi e sono sopravvissuti per centinaia di milioni di anni dall'incessante attacco dei microrganismi patogeni e degli antagonisti naturali – una considerazione questa assente nei vari *greenwashing*, mentre nessuno sa quali problemi sanitari interverranno nell'allevamento massivo.

Il fabbisogno umano di proteine attualmente viene coperto principalmente dalla produzione di carni alimentari dagli allevamenti intensivi di bovini, suini e pollame, e dagli animali marini (che abbiamo già ben infarcito di microplastiche e di inquinanti). L'alta concentrazione di animali favorisce lo sviluppo di malattie, comprese quelle che dagli animali possono passare all'uomo; le condizioni di vita degli animali negli allevamenti intensivi, che, nell'abbassare il loro benessere ne abbassano anche le difese immunitarie, richiedono un alto intervento di medicalizzazione, particolarmente di antibiotici, contribuendo all'antibiotico-resistenza, trasmissibile all'uomo. La protezione dai parassiti richiede la somministrazione di pesticidi, (quali il Diflubenzuron, ad esempio) che rimangono come residui nella carni. Gli allevamenti intensivi richiedono di coltivare il cibo per gli animali su terreni che potrebbero produrre alimenti per l'uomo, con un indice di

conversione per altro sfavorevole; la produzione di foraggio, la concimazione delle colture, l'occupazione delle terre dei sistemi estensivi, provocano insostenibili carichi di nutrienti, fitofarmaci e sedimenti negli oceani e nelle riserve d'acqua del pianeta. Gli animali allevati intensivamente consumano risorse idriche che, al netto dell'acqua che ritorna nell'ambiente, rende comunque insostenibile questo consumo. L'inquinamento è direttamente proporzionale al numero di animali allevati e "l'allevamento rappresenta il maggior fattore d'uso antropico della terra" (FAO) con conseguente degradazione del suolo e deforestazione. Inoltre, gli allevamenti contribuiscono per un 5-7% all'emissione di gas serra, per il 94% all'emissione di ammoniaca e all'emissione di gas climalteranti. Le emissioni derivanti dall'allevamento sono paragonabili a quelle dell'intero settore dei trasporti (14,5% delle emissioni complessive di gas serra). I cosiddetti allevamenti "biologici" sono citati con una terminologia abusata, per non dire disonesta, dietro la quale, il più delle volte, si nascondono violazioni non solo dei parametri ambientali ma anche di quelli morali. I danni diretti alla salute dell'uomo, sociali e ambientali derivanti dall'allevamento intensivo sono gravissimi e molteplici. "Una nuova consapevolezza – scrive l'Isde (Associazione Medici per l'Ambiente) – pone alla coscienza del consumatore anche la 'questione animale' in merito al loro benessere e alla copertura dei fabbisogni alimentari nel mondo. La nostra dieta deve cambiare per diventare più sana, per mettere fine alla fame nel mondo, per salvare il Pianeta e per dare dignità e benessere al mondo animale. Il biologico – conclude l'Isde – non deve essere greenwashing, ma deve diventare un cambio di paradigma affinché niente sia più come prima. Siamo in presenza di una violazione non solo dei parametri ambientali ma anche di quelli morali, e non solo per la questione del benessere animale, ma esclusivamente per un profitto di scala, al quale si vuole porre un limite in quanto ormai questo rappresenta un mondo svelato e conosciuto, tenuto all'oscuro per oltre 50 anni dai media". Il fabbisogno giornaliero di proteine dell'uomo, indispensabili per il ricambio basale, è di circa 80

grammi al giorno, una quantità facilmente ottenibile da legumi, latte, uova, formaggi e altri alimenti che non comportano affatto l'alternativa tra i milioni di capi bovini condannati a morte e i miliardi di insetti da allevare e sacrificare per sostituirli. Il consumo di carne di animali macellati non è affatto una necessità imprescindibile, quanto piuttosto, oggi, una imposizione occulta del capitalismo alimentare, un modello di consumo destinato a forgiare l'industria della macelleria. Sono invece possibili, e sperimentati, altri modelli di nutrizione. Ma, al di là di queste considerazioni, l'alimentazione a base di insetti comporta la necessaria sicurezza alimentare?

Al momento gli organismi più utilizzati, almeno ufficialmente, per il consumo umano sono le larve di *Tenebrio molitor* (la larva gialla della fari-



**Arrosto di grilli**

na), gli adulti della *Locusta migratoria* (congelata o liofilizzata in pasta o in polvere), le larve di *Alphitobius diaperinus* (verme minore della farina), l'*Acheta domesticus* (grillo del focolare) le cui farine sono già nel pane, nella pasta, nei dolci, nei prodotti da forno, cioccolato, salse, sostituti della carne, bevande e in tanti altri prodotti dell'industria.

Per il consumo di farina di grillo in Italia si stima che siano a rischio allergia circa 800 mila-1 milione di persone; rischiano formicolii, dolori, gonfiori diffusi, difficoltà a respirare, diarrea, vomito, fino a reazioni anafilattiche già segnalate e già riscontrate in Cina, negli Stati Uniti, in Giap-

pone e in Europa. Dopo il consumo di hamburger a base di tarne della farina (*Tenebrio molitor*) due soggetti, fino ad allora immuni da allergie alimentari o respiratorie, sono stati colti da gravi allergie ed è probabile che la farina di insetti abbia stimolato la formazione di immunoglobuline IgE che mediano le reazioni allergiche e che legano gli allergeni per poi scatenare la risposta allergica, questo secondo gli esperti della Società Italiana di Allergologia, Asma e Immunologia Clinica. Il pericolo è particolarmente elevato se si è già allergici a crostacei, molluschi o acari della polvere, perché si possono avere *reazioni crociate* (le reazioni crociate si verificano perché in molti alimenti sono presenti molecole simili a quelle presenti nei pollini o negli acari della polvere, ma diffuse soprattutto negli insetti e nei loro “parenti” crostacei, che vengono riconosciute dal sistema immunitario anche per ingestione, innescando così la reazione).

In seguito alla sensibilizzazione, la seconda esposizione è in genere quella in cui si manifesta l’allergia. Quando si parla di allergie a un determinato alimento, si deve ricercare e capire a quale sostanza presente nell’alimento la persona è allergica. Nel caso della *tropomiosina* (la tropomiosina è una proteina implicata nel controllo della contrazione muscolare) la sostanza non si distrugge con il calore, resiste alla conservazione ed alla digestione. Al di là dei rischi associati alle allergie, aver chiamato “farina” un prodotto polverizzato derivato dagli insetti è fuorviante e confonde il consumatore.

Notoriamente un’allergia alimentare è una reazione del sistema immunitario che si verifica dopo aver

consumato un determinato cibo. Il sistema immunitario identifica un alimento specifico, o una sostanza in esso presente, come qualcosa di nocivo (allergene): per neutralizzarlo rilascia quindi anticorpi (immunoglobuline E, note anche come IgE). I sintomi dell’allergia sono dovuti al rilascio, da parte dell’organismo, di mediatori chimici (ad es. istamina) in risposta alla reazione immunitaria scatenata dall’incontro degli allergeni con gli anticorpi. Per le allergie non esistono trattamenti definitivi. Nel caso di manifestazioni allergiche di lieve entità possono essere utilizzati gli antistaminici; per reazioni allergiche gravi potrebbe essere necessario far ricorso ad iniezioni di adrenalina.

Esiste, e viene occultato, un lato oscuro a quella che alla FAO sembra la panacea del dramma alimentare. Gli insetti potrebbero contenere, e di fatto contengono, alcuni *antinutrienti*, cioè composti che si formano con processi di degradazione, conservazione, cottura, ecc. che impediscono o rendono più difficile l’assorbimento dei nutrienti: tra questi, il più diffuso negli insetti è la *chitina*, principale componente dell’esoscheletro degli artropodi, che ha un effetto negativo sulla digeribilità e sull’utilizzo delle proteine. Altri antinutrienti sono i *fitati* e gli *ossalati*, che riducono l’assorbimento di minerali come il calcio, lo zinco, il manganese, il ferro e il magnesio. I fitati, inoltre, sono in grado di chelare il ferro e favorire la produzione del radicale libero ossidrilico OH<sup>-</sup>, molto pericoloso per l’organismo (l’acido fitico contenuto negli alimenti si lega al calcio formando composti insolubili e non assorbibili, producendo calcolosi delle vie urinarie). L’assorbimento intestinale degli ossalati provoca malattie



Larve di *Tenebrio molitor*



Larve di *Alphitobius diaperinus*



**Pupe di lepidotteri arrostate**

infiammatorie enteriche, morbo di Crohn, colite ulcerosa e altri disordini ed è sospettato di essere un fattore che favorisce l'insorgere del cancro del colon. Ma ancora vi sono i *fanerotossici*, le cui tossine sono attivate nel tratto gastro-intestinale, e i *criptotossici*, portatori di sostanze tossiche per l'uomo; entrambe queste sostanze sono state riscontrate nei Blattoidei e contengono anche testosterone, il cui consumo prolungato provoca infertilità e cancro al fegato.

Questi aspetti sono stati finora poco o per nulla studiati e della stragrande maggioranza degli insetti è poco o nulla conosciuta la biologia molecolare e la difesa biologica da loro posta in essere in sostituzione di un sistema immunitario che non possiedono. Gli insetti, inoltre, ospitano parassiti, come riscontrato in mosche e scarafaggi, nei quali sono stati ritrovati diversi tipi di protozoi e vermi parassiti in varie fasi di sviluppo.

Tutto ciò ci fa comprendere perché, millenni orsono, moltissime comunità umane rinunciarono alla entomofagia come misura profilattica contro malattie ed infezioni; né la FAO ci informa come e se anche il consumo minimale e marginale di insetti abbia prodotto danni alla salute di quelle popolazioni che la povertà di cibo spinge ad usare insetti ed artropodi come piccoli integratori alimentari di proteine. ●

*FAO, Insetti commestibili. Prospettive future relative alla disponibilità di alimenti e mangimi*  
Chirotti editore, 2017



CHIROTTI EDITORI

Il rapporto della FAO cui Piero Sagnibene fa riferimento nell'articolo qui pubblicato è contenuto e ampliato in questo volume che esamina le prospettive di allevamento su scala commerciale degli insetti edibili, nella prospettiva di ampliare la produzione di alimenti destinati agli animali e agli uomini. Il testo si compone di 15 capitoli, arricchiti da riferimenti bibliografici, suggerimenti di ulteriori letture, box esplicativi, figure e tabelle. I titoli dei capitoli sono: introduzione; il ruolo degli insetti; cultura, religione e storia dell'entomofagia; insetti commestibili come risorsa naturale; benefici per l'ambiente derivanti dall'allevamento di insetti da destinarsi alla produzione di alimenti e mangimi; valore nutrizionale degli insetti per l'alimentazione umana; insetti per l'alimentazione animale; allevare insetti; lavorazione degli insetti commestibili per la produzione di alimenti destinati all'uomo e alla produzione di mangimi; sicurezza alimentare e conservazione; gli insetti commestibili come motore per migliorare i mezzi di sostentamento; aspetti economici: fonti di reddito, sviluppo di imprese, mercati e commercio; favorire la diffusione degli insetti come alimento per gli animali d'allevamento e cibo per l'uomo; quadro normativo che disciplina l'uso degli insetti ai fini della disponibilità alimentare; la strada da seguire.

**Kohei Saito**  
***L'ecosocialismo di Karl Marx***  
**Castelvecchi, Roma 2023**



Questo ponderoso saggio vuole contestare la tesi – ampiamente diffusa, sostiene l'autore – secondo cui Marx avrebbe ingenuamente sposato la comune idea ottocentesca delle “magnifiche sorti e progressive” dello sviluppo tecnologico, sostenendo il dominio assoluto dell'uomo sulla natura. Questa concezione prometeica, secondo Saito, appartiene più ad Engels e al marxismo ortodosso che a Marx, assai più sensibile ai problemi ambientali. Fin dai *Manoscritti economico-filosofici* del 1844 Marx sostiene infatti che il capitalismo comporta “una radicale dissoluzione dell'unità originaria tra uomo e natura”. Ma è soprattutto sul libro I del *Capitale*, cioè sull'opera matura di Marx, che si focalizza la prima parte di questo volume, mostrando come il concetto di “alienazione” in esso presente riguardi non solo la condizione dei lavoratori, depredati della vita stessa, ma anche la natura. Il capitalismo persegue “uno sfruttamento più efficiente della forza lavoro e delle risorse naturali a costi minimi”, trascurando le ricadute sulla salute dei lavoratori e “problemi come l'inquinamento dell'aria e

dell'acqua, la desertificazione e l'esaurimento delle risorse naturali [...], considerati solo come effetti collaterali”. Marx, in altre parole, lungi dall'essere un apologeta del progresso tecnico, ha ben presente “la tendenza negativa e distruttiva della produzione capitalistica”.

Particolarmente interessante la seconda parte del volume, che introduce tra l'altro nuove fonti importanti per una valutazione complessiva dell'opera di Marx. Saito ha infatti curato l'edizione dei quaderni di scienze naturali redatti da Marx negli anni '60 dell'ottocento, che verranno pubblicati nella *Marx-Engels-Gesamtausgabe* (MEGA2). Si tratta di appunti e commenti che documentano il forte interesse di Marx per i limiti naturali della produzione agricola. Marx sottolinea, da un lato, la trasformazione in senso capitalistico dell'agricoltura (l'impiego di manodopera salariata e di tecnologie meccaniche e chimiche) che ne aumenta rapidamente la produttività; dall'altro, i limiti naturali di tale incremento produttivo. Utilizza in questa prospettiva soprattutto l'edizione dell'opera di Justus von Liebig *Chimica organica applicata all'agricoltura e alla fisiologia* del 1862, in cui il chimico tedesco si mostra pessimista sulle possibilità di incrementare indefinitamente la produttività agricola mediante l'uso di fertilizzanti, sostenendo il progressivo “esaurimento del suolo”. Per Marx l'argomentazione di Liebig è importante proprio sul piano della teoria economica, perché dà un fondamento scientifico alla “legge dei rendimenti decrescenti in agricoltura” degli economisti classici (formulata da Malthus, formalizzata da Ricardo e ripresa da Mill) rivelandone nel contempo il carattere non universale ma storico-specifico, relativo cioè alla trasformazione del settore primario dovuta al capitalismo.

Secondo Saito, dunque, “negli scritti di Marx si possono trovare diversi elementi che confermano inequivocabilmente il suo forte interesse per le questioni ecologiche”. Del resto già negli anni '60 dell'ottocento esisteva un serio dibattito sui problemi ambientali ed evidentemente Marx sentiva la necessità di integrarne alcuni risultati nella propria analisi del capitalismo.

Maria Turchetto

---

## **Insetti edibili: l'ecologia e la storia dietro il disgusto**

In the face of population growth and resulting resource depletion, entomophagy has been proposed as a sustainable solution to address the growing demand for proteins and other nutrients, while reducing pressure on natural resources and mitigating the environmental impacts associated with traditional animal husbandry. Although the numerous benefits that could derive from the use of insects as a food source are now clear, there is still a lot of resistance towards this practice, mainly due to a strong repulsion at the idea of eating them: we are all the product of our culture, but knowing the reason for our reticence is a great first help in overcoming them.

Key words: *Entomophagy, New foods, Food repulsion*

Sara Ruschioni

---

L'equilibrio naturale si riferisce al rapporto dinamico tra la popolazione di una specie e le risorse disponibili nell'ambiente in cui essa vive. Questo equilibrio è influenzato da una serie di fattori, tra cui la disponibilità di cibo, acqua, habitat, in sostanza dalla capacità dell'ambiente di sostenere una certa quantità di individui senza danneggiare irreversibilmente le risorse stesse. L'aumento della popolazione umana ha portato a una serie di problemi che minacciano questo equilibrio naturale. L'espansione delle attività umane, con una maggiore domanda di risorse naturali, come cibo, acqua, energia e spazio abitativo, ha comportato distruzione degli habitat naturali, sovrasfruttamento delle risorse, inquinamento e sconvolgimenti climatici. La pressione sempre maggiore sulle risorse del pianeta ha portato a fenomeni come la deforestazione, l'esaurimento delle riserve di acqua dolce, l'inquinamento dell'aria e dell'acqua, la perdita di biodiversità. L'aumento della popolazione umana sta superando la capacità dell'ambiente di sostenere un numero così elevato di individui. Per garantire un futuro sostenibile per l'umanità, è essenziale trovare modi per rallentare e invertire la crescita della popolazione, nonché per adottare pratiche di consumo e produzione più sostenibili.

Il concetto di insetti edibili rientra nella discussione sull'equilibrio naturale e sulla sostenibilità della popolazione umana. Gli insetti edibili sono gli insetti che possono essere allevati e utilizzati come fonte di cibo e di altri prodotti. La pratica alimentare basata sull'assunzione di insetti, conosciuta anche come entomofagia, è stata proposta come soluzione sostenibile per affrontare la crescente domanda di proteine e di altri nutrienti, riducendo al contempo la pressione sulle risorse naturali e mitigando gli impatti ambientali associati all'allevamento di animali tradizionali.



A parità di nutrienti forniti, gli insetti richiedono meno spazio, acqua e cibo rispetto al bestiame e possono essere allevati in modo più efficiente, mitigando così l'impatto ambientale complessivo della produzione alimentare. Inoltre, l'inserimento degli insetti nella dieta umana potrebbe contribuire a diversificare le fonti di cibo, riducendo la dipendenza da alcune risorse alimentari che sono sottoposte a sovrasfruttamento e che contribuiscono all'insostenibilità della produzione alimentare. Tutto ciò potrebbe aiutare a preservare gli ecosistemi naturali e a mantenere un equilibrio più stabile tra la popolazione umana e le risorse disponibili.

È importante notare che l'introduzione degli insetti edibili nella dieta umana dovrebbe essere gestita con attenzione per garantire la sicurezza alimentare, il rispetto delle pratiche etiche e culturali e il mantenimento dell'equilibrio ecologico. L'entomofagia non risolverà da sola tutti i problemi legati alla sostenibilità della popolazione umana, ma potrebbe costituire un elemento importante di un approccio più ampio e integrato per affrontare tali sfide.

Il dibattito culturale e politico sugli insetti edibili in Italia ed Europa è stato oggetto di crescente attenzione negli ultimi anni. È un argomento complesso che coinvolge questioni culturali, economiche, ambientali e politiche. Tuttavia, mentre sull'argomento ci sono ancora sfide da affrontare, c'è un crescente riconoscimento del potenziale valore degli insetti come risorsa alimentare sostenibile e nutriente.

Nonostante siano oggi chiari i numerosi benefici che potrebbero derivare dall'utilizzo degli insetti come fonte di cibo, c'è però ancora molta resistenza nei confronti di questa pratica, dovuta soprattutto ad una forte repulsione all'idea di mangiarli: siamo tutti il prodotto della nostra cultura, ma conoscere il motivo delle nostre reticenze è un primo grande aiuto per superarle.

Nella maggior parte dei paesi al di fuori dell'Europa e del Nord America, è presente un certo consumo di insetti. Oggi conosciamo oltre 2.000 specie di insetti che vengono impiegate come cibo. Sembra che i fattori ambientali possano spiegare

una minore dipendenza da questa risorsa, mentre fattori culturali associati alla colonizzazione europea degli altri continenti avrebbero contribuito a diffondere lo stigma e il disgusto che gli occidentali provano oggi. In altre parti del mondo, specialmente ai tropici, gli insetti commestibili sono meno associati a connotazioni negative e sono percepiti come cibo alla stregua di qualsiasi altro alimento. Gli insetti sono consumati in una vasta gamma di società, dai Paesi industrializzati più potenti alle poche popolazioni ancora esistenti di cacciatori-raccoglitori che vivono in aree remote. L'entomofagia non è, invece, accettata nella cultura occidentale, che influenza, oltre ai Paesi europei, Stati Uniti e Canada, anche Paesi in cui i coloni europei e i loro discendenti costituiscono una parte consistente della popolazione. Nelle aree in cui gli insetti sono associati con le malattie e sono visti prevalentemente come parassiti delle colture alimentari, la dieta vede l'assenza quasi completa di insetti. In Australia, le culture indigene, che vivono principalmente nelle remote aree centrali del continente, consumano oltre cinquanta specie di insetti, mentre nelle aree metropolitane, caratterizzate da uno stile di vita europeo, l'entomofagia è praticamente assente. Situazione analoga si riscontra anche in Paesi come il Messico e il Sudafrica, dove l'influenza europea ha modellato le abitudini di vita in particolare nelle moderne città. In tali città, gli insetti commestibili non sono consumati dalla popolazione residente, ma sono invece una curiosità per i turisti che imitano e romanticizzano i modi di vita tradizionali presenti nelle aree rurali. È chiaro che l'influenza europea riduce il consumo di insetti. Ciò che deve essere affrontato è il perché.

Il consumo di insetti è maggiormente diffuso nelle regioni tropicali e diminuisce man mano che ci si allontana dall'equatore. Questo modello di distribuzione è correlato al gradiente latitudinale della diversità ecologica, con la biodiversità che decresce gradualmente dai tropici verso i poli. Tale distribuzione è influenzata da vari fattori ambientali, tra cui la radiazione solare e la stabilità climatica. I tropici, infatti, hanno subito meno variabilità climatica nel tempo rispetto agli habitat

più lontani dall'equatore. Il clima ha fluttuato durante la storia della Terra, ma anche durante i cambiamenti più drammatici in altre fasce climatiche del pianeta, nel lungo periodo i tropici non si sono discostati sostanzialmente dalla norma. Nelle regioni lontane dall'equatore, come l'Europa settentrionale, la storia climatica è stata segnata da ere glaciali che hanno causato significative modifiche ecologiche e una riduzione della biodiversità. Anche durante i periodi più caldi, la diversità delle specie non è stata in grado di raggiungere livelli paragonabili a quelli dei tropici relativamente meno soggetti a forti variazioni climatiche.

Le scelte alimentari delle popolazioni che abitavano l'Europa sono state influenzate da questa storia climatica. Ciò non significa che gli insetti fossero del tutto assenti in Europa, ma vi è stata una riduzione significativa della varietà di specie rispetto alle regioni più vicine all'equatore. Nei periodi più freddi, la disponibilità di insetti commestibili sarebbe stata ancora inferiore rispetto a ora. Anche se esistono esempi di consumo di insetti in Europa, spesso dobbiamo fare riferimento a descrizioni risalenti a molto tempo fa. Gli antichi greci e romani, ad esempio, documentarono il consumo di locuste, cavallette, cicale, coleotteri e probabilmente anche di altri insetti. Aristotele, filosofo greco del IV secolo a.C., scrisse sulla storia naturale delle cicale in *Historia Animalium*. Oltre ad essere affascinato dal loro ciclo di vita naturale, Aristotele le trovava un cibo delizioso e annotava il modo più efficiente per raccoglierele. Plinio il Vecchio, il cui nome latino era Gaius Plinius Secundus, naturalista romano del I secolo d.C., descrisse come le larve dette cossus o cerambice, identificate in quelle del coleottero *Cerambyx heros*, fossero molto apprezzate come cibo, soprattutto quando nutrite con farina e vino da tavola.

Sembra che all'inizio dell'Età delle Esplorazioni, nel XV secolo, queste pratiche alimentari fossero essenzialmente scomparse. Una presunzione comune è che la diffusione del Cristianesimo in tutta Europa abbia portato al divieto del consumo di insetti, forse sotto l'influenza dell'ebraismo, nel quale gli insetti non sono considerati kosher. Il li-

bro del Levitico nell'Antico Testamento afferma che "Vi sarà in abominio anche ogni insetto alato che cammina su quattro piedi. Però, fra tutti gli insetti alati che camminano su quattro piedi, mangerete quelli che hanno zampe al di sopra dei piedi per saltare sulla terra. Di questi potrete mangiare: ogni specie di cavalletta, ogni specie di locusta, ogni specie di acridi e ogni specie di grilli. Ogni altro insetto alato che ha quattro piedi vi sarà in abominio" (Levitico 11:20-23).

Le restrizioni nell'Antico Testamento potrebbero spiegare perché le larve di cossus di Plinio e le cicale di Aristotele caddero in disgrazia (le larve non hanno "gambe" e le cicale ne hanno sei), ma locuste e cavallette erano ancora considerate commestibili. Non solo sono esplicitamente elencate come cibo accettabile nell'Antico Testamento, ma appaiono anche nel Nuovo Testamento, dove il Vangelo di Matteo racconta che Giovanni Battista mangiava locuste e miele selvatico. La diffusione del Cristianesimo non sembra, però, una spiegazione sufficiente per la rinuncia alla commestibilità degli insetti nel primo millennio d.C. in Europa. La storia climatica del continente potrebbe fornire un altro indizio sul perché il consumo di insetti sia diminuito. Prima della tendenza attuale al riscaldamento, ci fu un periodo di raffreddamento globale noto come la Piccola Era Glaciale, iniziato nel XIII secolo e continuato fino al XIX secolo. Anche se tecnicamente non si trattò di un'era glaciale, gli inverni erano molto più freddi durante questo periodo, e le tempeste violente erano comuni durante tutto l'anno. La ricchezza di specie in questo periodo in Europa doveva essere inferiore rispetto a prima e forse anche inferiore a quella di oggi. È possibile che il declino del consumo di insetti in Europa sia anche legato al fatto che l'ambiente non era più adatto a fornire questa risorsa.

Fu da questo ambiente relativamente freddo, privo di una tradizione nel consumo di insetti, che esploratori come Colombo intrapresero le loro spedizioni. Per i colonizzatori delle nuove regioni conquistate, il cibo divenne un elemento cruciale dell'identità. Ad esempio, nelle Americhe, il cibo fu centrale nel definire le differenze tra europei

e popolazioni indigene. I colonizzatori spagnoli erano costantemente preoccupati per come ottenere cibi “europei”, temevano gli effetti dannosi dei cibi locali ed esprimevano particolare disprezzo per il consumo di insetti. Il consumo di insetti, estraneo ai colonizzatori europei, era un elemento di facile distinzione tra colonizzatori “civilizzati” e nativi “selvaggi”. Molte culture indigene abbandonarono la pratica di mangiare insetti adottando i nuovi costumi alimentari europei. Coloro che mantennero le tradizioni alimentari locali vivevano al di fuori dei centri urbanizzati. Ancora oggi, le persone che vivono nelle aree urbane tendono a associare il consumo di insetti agli individui più poveri che vivono nelle zone rurali. La globalizzazione ha diffuso queste opinioni anche nelle popolazioni di Paesi che in passato non furono influenzati dalle abitudini occidentali, dove le giovani generazioni stanno abbandonando i cibi tradizionali a base di insetti. Purtroppo, molti di coloro che abbandonano l'uso alimentare di insetti vivono in aree con insicurezza alimentare e, in assenza di alternative agli insetti, corrono seri rischi di malnutrizione. Pertanto, un cambiamento nelle opinioni degli occidentali riguardo al consumo di insetti commestibili potrebbe influenzare queste popolazioni e avere benefici ancora maggiori rispetto a quelli apportati dalla riduzione dell'impronta ambientale del bestiame.

Molti ricercatori stanno impegnandosi nella promozione del consumo di insetti commestibili con un'ottica di sostenibilità, e parte dei pregiudizi radicati è in via di superamento. Considerando l'importanza ecologica degli insetti, sempre più ricerche sono dedicate a determinare i modi più efficaci per convincere le persone a provare l'introduzione degli insetti nella dieta.

In Belgio, ad esempio, è stato condotto uno studio su un campione di 368 abituali consumatori di carne<sup>1</sup>. Ai soggetti esaminati è stato prelimi-

narmente spiegato che gli insetti edibili rappresentano una fonte di proteine di alto valore, richiedono poco spazio per l'allevamento, hanno un'elevata efficienza nella conversione del loro alimento in massa edibile e forniscono quindi vantaggi in termini di sostenibilità. Successivamente è stato condotto un sondaggio per identificare quali consumatori sarebbero stati più inclini ad aggiungere gli insetti alla loro dieta. Oltre a precisare se sarebbero stati propensi ad inserire gli insetti nella loro alimentazione, i partecipanti hanno fornito informazioni sui fattori che influenzano le loro decisioni di acquisto alimentare in generale. I ricercatori hanno scoperto che la neofobia è il principale fattore che scoraggia le persone dal consumare insetti, e che la propensione all'introduzione degli insetti nella dieta diminuisce con l'aumentare dell'età ed è più alta nei maschi e nei soggetti sensibili all'impatto ambientale legato alle scelte alimentari. Inoltre, c'è una relazione significativa tra i soggetti che non danno priorità alla convenienza nelle loro scelte alimentari e la probabilità di accettare gli insetti come cibo, suggerendo che se gli insetti fossero facilmente disponibili come snack o ingredienti in cibi pronti, le persone sarebbero più propense a provarli. Un altro studio condotto in Belgio ha evidenziato che i consumatori occidentali sono meglio disposti ad acquistare insetti e a cucinarli a casa, se sono in grado di utilizzarli seguendo procedure abituali, per esempio di condimento.

Questi risultati suggeriscono che gli sforzi per promuovere il consumo di insetti potrebbero avere un impatto positivo sulla sostenibilità delle scelte alimentari e sulla mitigazione delle carenze nutrizionali in alcuni Paesi. Tuttavia è importante considerare che la diffidenza e il disgusto verso gli insetti hanno radici in componenti di apprendimento evolutivo. Pertanto sarà fondamentale eliminare atteggiamenti eurocentrici dalla discussione sugli insetti commestibili e offrire ai bambini esperienze positive con i cibi a base di insetti per ottenere cambiamenti a lungo termine nelle attitudini riguardo al consumo alimentare di questi animali. ●

1. Verbeke W, *Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a western society*, Food Quality and Preference, 39 (January):147-155, 2015.

---

## Al di là dell'estetica: i fattori in gioco nell'accettazione della novità alimentare

Alessia Fallocco

---

With a growing population and an ongoing climate crisis, the World Economic Forum has called attention to the need to exploit existing innovations in the industrial sector to cope with the scenario of more than 9 billion humans on the planet by 2050. In particular, it seems increasingly necessary to start a path that allows us to reduce the use of non-human animals for food purposes. The development of “cultured meat” seems to respond to this need.

Keywords: *Hybrid rice, Synthetic meat, Cultured meat, Food of the future*

Dagli anni 80 ad oggi, i ristoranti asiatici con formula “All You Can Eat” hanno conosciuto un boom inarrestabile. Colpa (o merito) del glutammato? Chi lo sa. Una cosa è certa: almeno una volta nella vita, una buona fetta della popolazione italiana si è lanciata nell'epica impresa di ordinare una quantità di nigiri da far invidia ai più famosi protagonisti della TV. Ed è anche probabile che tra le tante prelibatezze provate, magari in tripla o quadrupla porzione, insieme a gyoza, maki e litri di salsa di soia ci sia stata lei: l'insalata di alghe goma wakame. Servita in piccole porzioni, dal gusto fresco e vivace, questa pietanza è la regina indiscussa della tavola, consumata in Occidente come antipasto, contorno o fine pasto. Tuttavia, decidere di interrompere la litania di riso, salmone crudo e salse saporite, mangiando questi filamenti croccanti, verde fluorescente, non dovrebbe farci sentire spiritualmente più affini agli abitanti del Sol Levante né moralmente superiori al commensale che indugia sull'ennesimo maki con Philadelphia.

Grottesca nella sua forma originaria, l'insalata che tanto apprezziamo, così sfiziosa e vivace, è il risultato di un pesante trattamento a base di coloranti, addensanti e zuccheri, volto a rendere il piatto appetibile per il mercato occidentale. Perché sì, anche l'occhio vuole la sua parte, soprattutto quando si parla di alimentazione.

In linea generale, ci avviciniamo con coraggio a ciò che conosciamo meglio, mentre siamo più cauti nell'abbracciare le novità culinarie, a meno che non siano presentate in modi che riteniamo “accettabili”.

Siamo sicuri, però, che sia soltanto una questione di occhio?



**Convenzionale o coltivata? Per molti statunitensi questo non è un dilemma**

Basato su un'indagine del Centro per l'Analisi e la Sostenibilità della Domanda Alimentare della Purdue University, che ha esplorato l'attitudine di 1200 consumatori statunitensi in merito alla possibilità di mangiare carne sintetica e esotica, il *Consumer Food Insights Report*<sup>1</sup> del mese di marzo ha evidenziato come la maggior parte di questi consumatori consideri la carne convenzionale più gustosa e più salutare rispetto alle alternative coltivate in laboratorio. “Abbiamo osservato risultati simili anche dopo aver chiesto ai partecipanti se avrebbero provato carne coltivata in un ristorante” ha affermato Joseph Balagtas, autore del Report e professore di Economia Agraria alla Purdue University. “Anche se la carne coltivata non è ancora disponibile sul mercato in quantità significative, questi risultati lasciano intendere la paura dei consumatori nei confronti dell'ignoto, soprattutto quando si parla di alimentazione”.

Tra i 1200 consumatori coinvolti solo il 46% si è detto disposto a provare pollo coltivato in laboratorio. Il 26% proverebbe carne di manzo coltivata, mentre solo il 22% accetterebbe di provare

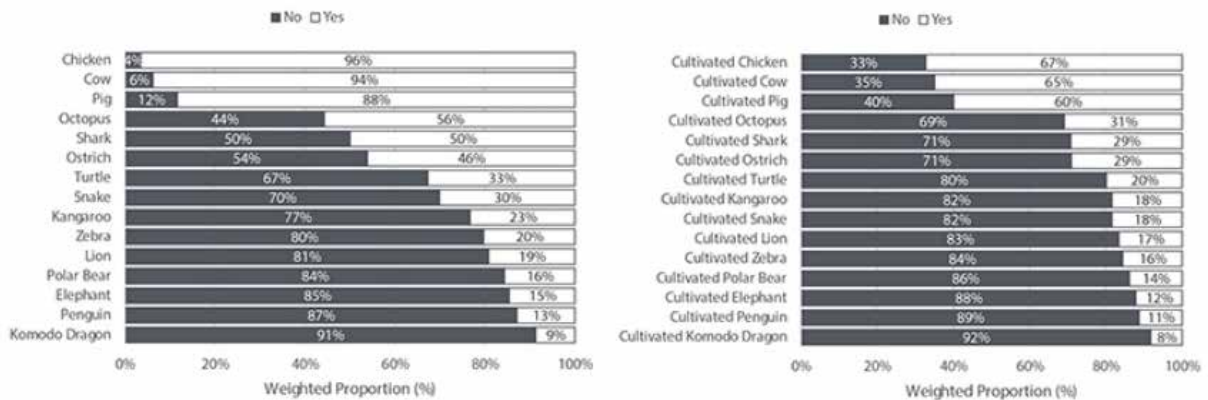
carne di maiale lasciata crescere in vitro. “Ciò dimostra che potrebbe esserci un mercato per la carne coltivata, ma il numero è molto limitato”.

Questi risultati non dovrebbero destare troppo stupore. L'alimentazione è cosa complessa; una felice intersezione di natura e cultura, dove il cibo non è mai solo semplice nutrimento, ma vero e proprio collante delle relazioni sociali. Se è vero che spesso ci perdiamo nell'idea romantica dei prodotti genuini laddove dovremmo vedere contaminazione e biotecnologia, è anche del tutto normale che i consumatori esitino ad abbracciare la carne coltivata, preferendo rimanere ancorati ai cibi più familiari e rappresentativi della “tradizione culinaria”.

Anziché tentare di sostituire il pollo, il manzo o il maiale del pranzo di famiglia con le loro controparti coltivate, si potrebbero presentare queste come delle “carni innovative”, “esotiche”, in grado di stimolare la curiosità e l'avventura gastronomica. In realtà, anche l'“esotismo” sembra incapace di superare la barriera di sfiducia nei confronti della carne coltivata.

È sempre il Report a indicare come, sebbene il 50% dei consumatori sia disposto a provare cu-

**ARE CONSUMERS WILLING TO TRY EXOTIC OR CULTIVATED MEATS?**



1. Center for Food Demand Analysis and Sustainability, *Consumer Food Insights*, 3, 2024, Report\_202404-2.pdf (purdue.edu)



cina stellata a base di polpo, squalo e struzzo non sarebbe altrettanto favorevole a provare quelle medesime carni coltivate in laboratorio.

*Ça va sans dire*: un hamburger “lab-grown” resta un hamburger “lab-grown”, indipendentemente dal suo aspetto estetico e dalle sue proprietà organolettiche. E ai consumatori americani proprio non sembra andare giù l’idea di introdurre nel proprio corpo prodotti a base di cellule lasciate crescere in laboratorio. Bigotteria? Probabilmente no. Ma è interessante notare come a qualche centinaio di chilometri di distanza si stia tentando una strategia esattamente opposta: rompere le barriere psicologiche riguardo l’innovazione camuffandola da tradizione.

### Riso ibrido: il cereale più consumato nel continente asiatico si tinge di rosa... manzo

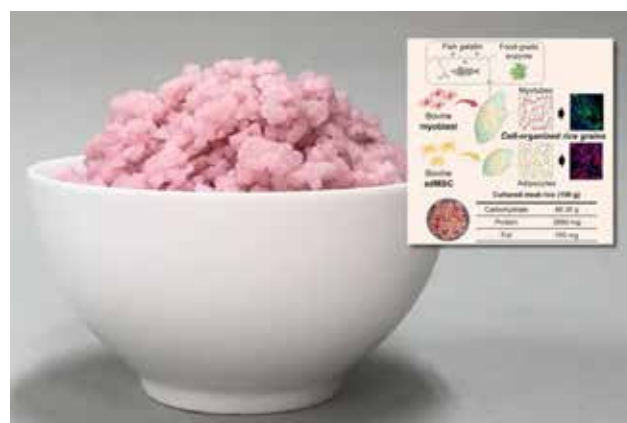
Seoul, Corea del Sud. In un piccolo laboratorio della Yonsei University giace abbandonata una ciotola di riso dalle conturbanti sfumature rosa e violacee. A svelarne la ricetta è la ricercatrice del Dipartimento di Ingegneria Chimica e Biomolecolare dell’ateneo Milae Lee. “Per la preparazione di questo riso, sono state integrate cellule animali utilizzando colla di pesce e transglutaminasi per rivestire la superficie dei chicchi su scala nanometrica. I chicchi sono stati coltivati in incubatore a 37° per circa due settimane e successivamente cotti usando un forno a microonde”.

Soprannominato “riso ibrido”, il nuovo alimento contiene 310 milligrammi di proteine in più per

100 grammi rispetto al riso utilizzato per svolgere l’esperimento e 160 milligrammi di carboidrati in più rispetto al riso convenzionale.

Considerando che un grammo di carne di manzo contiene circa 186 milligrammi di proteine, mangiare 100 grammi di riso ibrido può essere paragonabile a mangiare 100 grammi di riso standard con un grammo di carne di manzo. Un surplus nutrizionale che, spiega il team di ricerca, è dovuto alla colla di pesce, alla transglutaminasi e agli enzimi usati per migliorare la stabilità strutturale dei chicchi di riso.

“Quando si vuole realizzare un prodotto con carne coltivata, è necessario che le cellule prelevate e fatte crescere in vitro abbiano poi una struttura da seguire, un’impalcatura” ha spiegato Mark Post, professore di Ingegneria Tissutale all’Università di Maastricht e prima persona al mondo a presentare un hamburger a base di cellule staminali nel 2013. “Il chicco di riso è piccolo, ma costituisce una impalcatura perfetta per molti materiali diversi, come foglie, frutti e isolati di soia, cui ora si aggiungono anche le cellule muscolari e il grasso del manzo”. Un’impalcatura che consentirebbe di escludere tutte le complicazioni normalmente legate alla produzione di grandi tagli di carne, accelerando il processo generativo e abbassando i costi. Tuttavia, non è solo la straordinaria versatilità strutturale del riso ad aver orientato la scelta dei ricercatori sudcoreani. “Il riso è un alimento molto consumato in Corea e siamo abituati a vederlo venduto in diversi colori, poiché spesso aggiungiamo coloranti. Immagino che i consumatori europei o statunitensi potrebbero fare resistenza, ma



i coreani e gli asiatici in generale credo saranno meno scettici nei confronti del nostro *riso ibrido*” ha affermato Jinkee Hong, professore presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica e Biomolecolare dell’Università di Yonsei. In effetti, in Corea del Sud, il riso rappresenta una componente essenziale dell’alimentazione quotidiana, con un consumo pro capite di 56,4 kg all’anno. “Il cibo è fondamentale per l’identità nazionale delle persone, ed è importante che le aziende produttrici di carne coltivata ne tengano conto e adattino i loro prodotti a regioni o paesi specifici”. Suggerimento interessante, ma potrebbe non essere così semplice. Se da un lato il “riso ibrido” vuole somigliare ad un prodotto con cui i coreani sono familiari è anche vero che, secondo un rapporto dell’*APAC Society for Cellular Agriculture* pubblicato nel 2023<sup>2</sup>, la maggior parte dei consumatori coreani ha dichiarato di essere disposto a provare la carne coltivata almeno una volta nella vita. Uno statunitense accetterebbe manzo nei suoi chicchi di mais con altrettanta curiosità gastronomica? Stando a quanto rilevato, al momento, sembra di no.

### Conclusioni

Nonostante il futuro della carne sintetica sul mercato americano non sembri, al momento, particolarmente roseo, gli Stati Uniti non hanno mancato di sviluppare e approvare un quadro normativo dedicato. Discorso analogo per Israele e Singapore. L’Europa, che per prima spinse affinché si lavorasse per regolamentare il mercato della carne coltivata, non ha ancora portato a termine i lavori. La carne a base cellulare resta confinata nell’ambito del cosiddetto Quadro Europeo per i Nuovi Alimenti e non ne verrà approvata l’immissione in commercio prima di un’attenta valutazione da parte dell’Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare. Operazione che richiede tempi lunghi. Tempi in cui dovremmo cercare di capire cosa ci tiene davvero svegli la notte. L’ignoto? O forse è il vetrino?

2. APAC-SCA, *Updates on Asia-Pacific Regulatory Developments*, 2023.

**Paolo Benanti**  
*L’hamburger di Frankenstein*  
 La rivoluzione della carne sintetica  
 EDB, 2017



Il 5 agosto 2013 oltre duecento giornalisti si accalcano nei Riverside Studios di Londra. La folla, analoga a quella che si raduna per la presentazione degli smartphone o dei computer più innovativi dei maggiori brand internazionali, non è però in attesa di un conglomerato prodigioso di silicio e vetro, bensì di un hamburger, non meno stupefacente dal punto di vista tecnologico.

Il panino in questione è una “creazione” del professor Mark Post, docente di biotecnologia all’Università di Maastricht, che ha confezionato il piatto utilizzando carne sintetica, detta anche artificiale o in vitro. Da quel momento un alimento che da sempre accompagna l’uomo può essere pensato come qualcosa che non è artificiale (è pur sempre carne), ma non è neanche naturale (non proviene da un animale). Che cosa comporta questa rivoluzione? Quali domande etiche solleva? Perché tutto questo interesse dell’hi-tech su un prodotto come la carne?

## Allevamenti intensivi: a che punto siamo?

“Grazie al settore agroalimentare europeo, 450 milioni di persone hanno accesso ad alimenti sicuri, sani e a prezzi contenuti. Gli agricoltori europei costituiscono la spina dorsale dell'autosufficienza alimentare dell'Europa e la forza propulsiva dell'occupazione e della crescita sostenibile nelle zone rurali”. È quanto ognuno di noi potrebbe leggere andando sul sito web della Comunità Europea, insieme ad un piccolo estratto del discorso sullo stato dell'Unione 2023 tenuto da Ursula von der Leyen, presidente della Commissione Europea. “Vogliamo avviare un dialogo strategico sul futuro dell'agricoltura dell'UE. Sono convinta che l'agricoltura e la tutela della natura possano andare di pari passo” (Dialogo strategico sul futuro dell'agricoltura dell'UE, Commissione europea).

Dichiarazioni peculiari se si considera che, in Europa, circa due terzi dei finanziamenti per l'agricoltura sono attualmente destinati al sistema degli allevamenti intensivi, mangimistica inclusa. Non solo. Se da questa quota volessimo estrarre la percentuale destinata all'agricoltura italiana, noteremo che l'80% di questa finisce nelle casse di una minoranza privilegiata; medie e grandi aziende che nell'ultimo decennio hanno proliferato a scapito di 320 mila realtà minori, scomparse anche a causa della crisi economica e del calo del potere di acquisto dei cittadini.

Tuttavia, se gli allevamenti intensivi rappresentassero un problema circoscrivibile al solo settore economico, le parole della presidente von der Leyen potrebbero far pensare ad una presa di consapevolezza da parte delle istituzioni.

In realtà, il costo degli insediamenti industriali è ben più alto. Tra negativo impatto ambientale, inquinamento, massicce emissioni di ammoniaca, formazione di polveri sottili, sfruttamento delle risorse e sofferenza animale, il sistema degli allevamenti intensivi mal si accorda con la sicurezza alimentare, la crescita sostenibile e la tutela della natura che l'Europa vorrebbe promuovere.

Attualmente, circa due terzi dei cereali commercializzati in Europa si trasformano in mangime e il 70% dei terreni agricoli è destinato all'alimentazione animale (fig. 1). Un'alimentazione principalmente costituita da mais (fig.2), una coltivazione per cui si richiedono grandi quantità di acqua, risorsa resa sempre più scarsa a causa dei cambiamenti climatici.

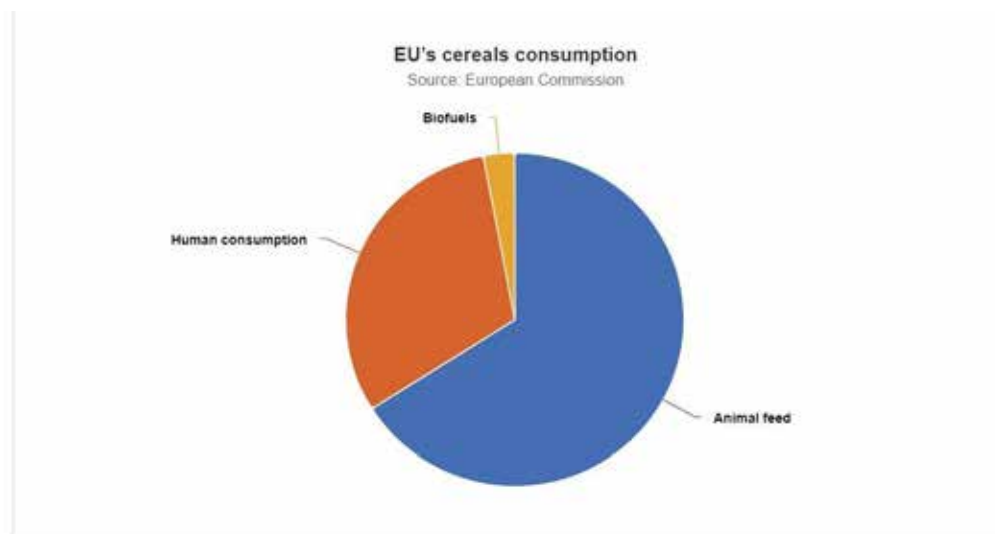
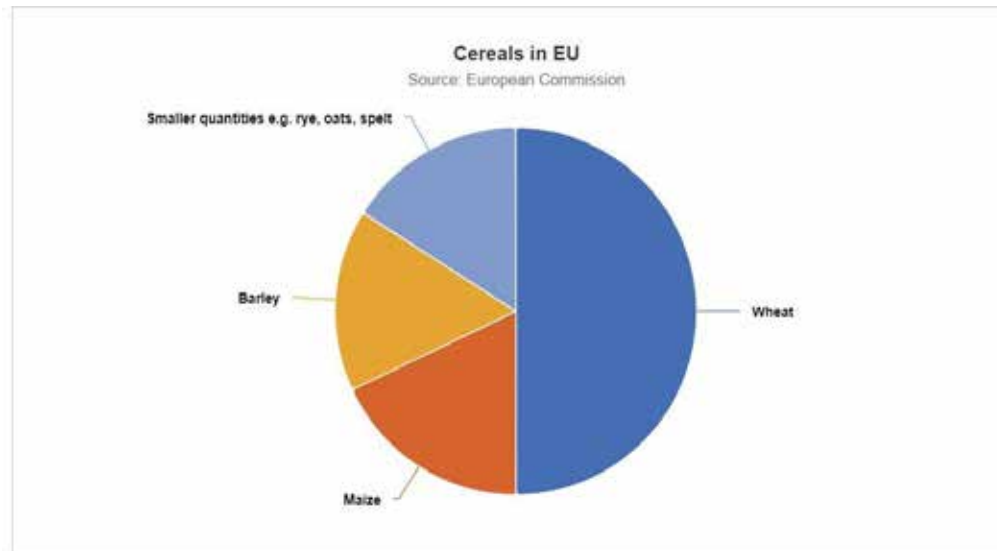


Figura 1: consumo di cereali in Europa



**Figura 2: cereali in Europa**

Tuttavia, sarebbe sbagliato credere che il settore zootecnico sia in grado solo ed esclusivamente di sottrarre risorse preziose alla popolazione. Esiste qualcosa che, al contrario, il sistema degli allevamenti intensivi ci fornisce in gran quantità, con ricadute sul nostro benessere fisico. Non si tratta delle proteine. Secondo le stime della FAO e dell'OMS, infatti, un ettaro coltivato a cereali fornisce cinque volte più proteine di un ettaro destinato alla produzione di mangimi per l'allevamento della carne, mentre i legumi ne forniscono dieci volte di più.

Si tratta dell'ammoniaca.

Il settore zootecnico è quello che in assoluto emette la maggiore quantità di ammoniaca, a causa delle grandi quantità di reflui prodotti. Un vero toccasana per la salute degli europei, soprattutto se si considera la peculiare capacità di questa sostanza di combinarsi con gli ossidi di azoto e di zolfo presenti in atmosfera e generare polveri fini.

In Italia gli allevamenti intensivi sono la seconda causa di formazione del particolato fine, responsabili di quasi il 17% del PM<sub>2,5</sub> (classificatore che indica particelle di dimensioni sufficienti a penetrare nella trachea, nei bronchi e nei bronchioli).

Questo, a sua volta, secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), è stato responsabile di 46.800 morti premature nel solo 2021. Dati drammatici che ci costringono, o dovrebbero costringerci, a una domanda: l'apporto vitaminico e proteico derivato dalla carne così prodotta e che tanti benefici sembra addurre alla salute umana vale davvero il sacrificio di fonti alternative o dello sviluppo di nuovi sistemi produttivi?

*Alessia Fallocco*

#### **Fonti**

Burden of disease 2023, Table 2, European Environment Agency (europa.eu);

Cereals - European Commission (europa.eu);

Dialogo strategico sul futuro dell'agricoltura dell'UE, Commissione europea (europa.eu);

MURGESE E, COVID-19, esposizione al particolato e allevamenti intensivi (greenpeace.org).

# ritratto di famiglia

## Lumbricidae

Piero Sagnibene



In questa rubrica, presentiamo un gruppo familiare zoologico per volta, quale esemplificazione della varietà animale. La famiglia è un'unità tassonomica contenente un insieme di specie aventi in comune determinate caratteristiche, frutto dell'evoluzione, che testimoniano l'origine da un unico progenitore. Questo "ritratto" è dedicato a Lumbricidae, una famiglia appartenente all'ordine degli anellidi e al genere *Lumbricus*, che comprende circa 700 specie.

Nell'autunno del 1881, a pochi mesi dalla sua fine, Darwin diede alle stampe un libro sui lombrichi, *L'azione dei vermi nella formazione del terriccio vegetale*, che ebbe addirittura più successo del suo *Origine delle specie*. Per scrivere quel libro Darwin cominciò a fare esperimenti; riempì la stanza del proprio studio di lombrichi conservati dentro vasetti per vedere come si comportavano con la terra. Scendeva anche di notte, al lume di candela, per osservare da vicino l'assiduo lavoro dei lombrichi, poi sperimentava vetri di colore rosso e blu per capire le loro reazioni sensibili; usò anche il calore e un fischietto per verificare le risposte dei lombrichi e si dedicò persino alle ricerche sul loro senso dell'olfatto. Nel libro dimostrò che i lombrichi sono esseri intelligenti, spiegò come il paesaggio agrario inglese fosse stato modellato dai lombrichi provocando il continuo sprofondamento delle cose, dalle pietre di campagna ai manufatti antichi, che fanno affondare tutto, distruggendo e insieme conservando i reperti del passato, come se lavorassero per futuri archeologi. Scrive che "L'aratro è una delle invenzioni più antiche e più preziose dell'uomo, ma molto prima che fosse introdotto, il suolo era in realtà arato regolarmente dai lombrichi..." e pone in evidenza l'azione ecologica di rinnovamento e di rivitalizzazione dei terreni operata dalla attività di

questi animali. Di questo lavoro di Darwin si sono occupati due eminenti scienziati e straordinari divulgatori: Giorgio Celli (1935-2011), che ne scrisse una bellissima prefazione nel 1981, e Stephen Jay Gould (1941-2002) nel saggio *Lombrichi per un secolo, e per tutte le stagioni*. Gould elenca le ragioni di grande interesse per quel lavoro di Darwin; tra l'altro, come nota anche Giorgio Celli, è scritto meravigliosamente. Il giudizio sul valore letterario del lavoro viene dal miglior divulgatore di scienze in assoluto (Gould) e da un grande entomologo ed etologo (Celli) che si pagò gli studi scientifici scrivendo romanzi e vincendo premi letterari. Il valore scientifico di quel lavoro rimane tuttora attuale. Darwin mostra come a modificare e rivitalizzare la terra sono animalotti così poco considerati. Mostra, anche ricorrendo a disegni e immagini, che il lavoro dei lombrichi è lento e costante, come la stessa evoluzione dei viventi. L'intera campagna inglese, osserva, è passata per molte volte nel canale digerente dei lombrichi e vi ripasserà ancora molte altre volte, così che il suolo, che a noi appare stabile, in realtà è soggetto a un rimescolamento incessante e quasi invisibile, operato da circa 54 000 lombrichi per acro, cioè più di 13 lombrichi a metro quadro. Gli umilissimi e piccoli lombrichi – riflette Darwin, dopo la sua visita ai massi interrati di Stonehenge – triturano i sassolini nel terreno, smuovono le rocce e lentamente le macinano, affondano le pietre druidiche, e pure le antiche terme romane, costruiscono le condizioni che, rinnovando la terra, permettono la vita delle piante.

Come operano i lombrichi? Per scavare un passaggio attraverso la terra penetrano con la parte anteriore sottile (prostomio) in minuscole fessure; si fanno strada frantumando e ingoiando il suolo, che passa nell'intestino dove viene ulteriormente triturato. Attuano un movimento telescopico per contrazioni peristaltiche che percorrono tutto il corpo, senza che questo presenti alcuna ondulazione laterale, mediante una successione di contrazioni dei muscoli circolari e di quelli longitudinali che porta ad una alternanza di accorciamento (contrazioni dei muscoli longitudinali) e di allungamento (contrazioni dei muscoli circolari) del

corpo. La muscolatura longitudinale si accorcia, la parte anteriore si ispessisce e smuove la terra creando un varco nel suolo. I lombrichi sono in grado di sollevare fino a 60 volte il proprio peso. In rapporto alla loro grandezza, sono quindi tra gli animali più forti della terra.

Darwin era stupito dal fatto che il lombrico producesse terreno fertile riportando in superficie dagli strati più profondi grossi quantitativi di sostanza organica, scavando gallerie nelle quali microrganismi aerobici trovano il proprio habitat ideale. Le gallerie dei lombrichi permettono all'aria e all'acqua di penetrare fin negli strati più profondi del suolo. I lombrichi si cibano di terriccio compatto, da cui assorbono i nutrienti loro necessari, ed espellono la materia terrosa ricca di residui organici decomposti (cast) che aumenta la fertilità del suolo e rende il terreno ospitale per molti microrganismi. Scavano inumidendo, sminuzzando, miscelando e provocando decomposizione; la parte minerale del terreno viene mescolata e cementata da un muco proteico insieme alla parte organica. Nei suoli che contengono cast, la disponibilità di azoto è superiore del 241% rispetto a un terreno senza cast e quella di fosforo è superiore dell'84%. Mediante le loro ghiandole calcifere producono carbonato di calcio, fondamentale per la crescita delle piante. Nell'intestino il lombrico contiene un'ampia popolazione di microrganismi coinvolta in numerose reazioni di decomposizione, tra cui batteri celluloso-litici che favoriscono la demolizione della lettiera.

Le gallerie scavate dai lombrichi facilitano il drenaggio, l'aerazione del terreno e aiutano ad approfondire il profilo del suolo, che in genere è molto sottile; il movimento crea un terreno friabile che facilita la penetrazione delle radici ed aiuta la crescita delle piante. I lombrichi riportano materiale dalle profondità alla superficie, rielaborandolo e rendendolo disponibile per piante e animali; il rimescolamento favorisce l'alterazione del materiale che verrà a contatto con gli agenti atmosferici e biologici. Inoltre trasportano materiali dalla superficie alle profondità, grazie alle gallerie che scavano e che fungono da tunnel per

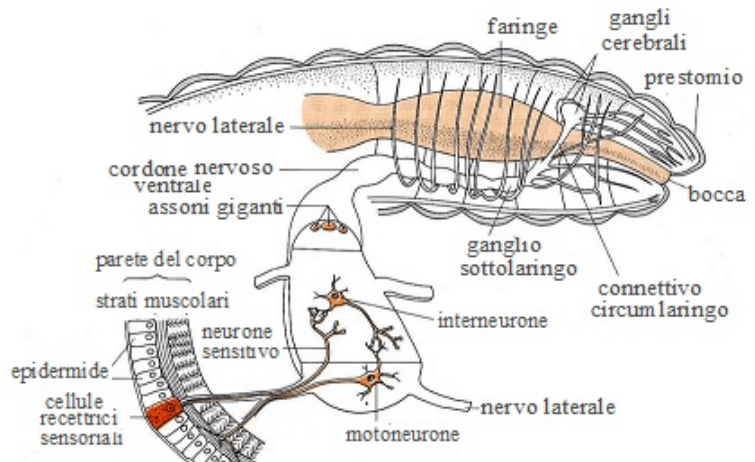
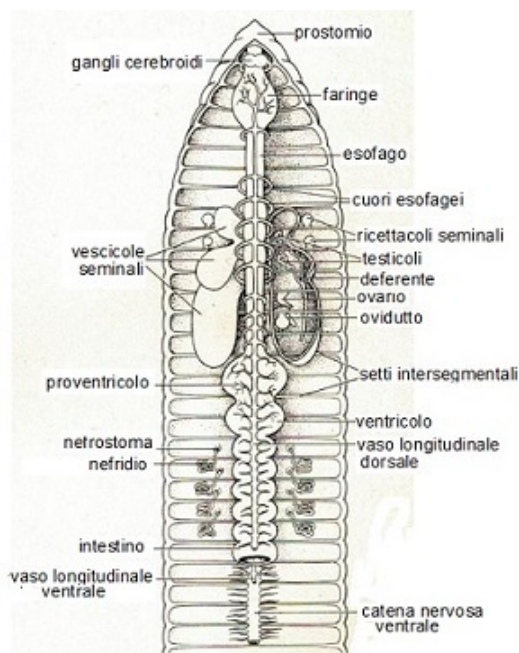
le sostanze che fertilizzano gli strati più profondi. L'aumento della porosità del suolo e le attività digestive dei lombrichi arricchiscono i terreni dando sostanze nutritive; le deiezioni contengono sostanza organica e principi nutritivi in quantità superiore rispetto al terreno di partenza: sostanza organica +50%, calcio +150%, magnesio +300%, azoto +500%, fosforo +700%, potassio +1000%. Quando muoiono si decompongono facilmente rilasciando azoto, aumentando a loro volta la fertilità per i vegetali.

Tradotto in numeri il loro lavoro contribuisce alla produzione del 6% di tutto il grano mondiale; nell'Africa subsahariana, per esempio, i lombrichi sono responsabili della produzione del 10% di tutto il grano, mentre nell'America centrale e meridionale la quota è dell'8%. Nel caso dei legumi, le cifre sono poco oltre il 2%, vale a dire che i lombrichi sono responsabili della produzione di circa 140 milioni di tonnellate di cibo in tutto il mondo – quanto ne produce l'intera Russia. Nei suoli temperati e tropicali, quando però le condizioni sono favorevoli, si trovano fino a 500 lombrichi per metro quadro di terreno.

Il lavoro del lombrico è estremamente importante per il terreno, sia per l'azione nel ciclo del detrito che per la struttura. Nel suo cunicolo la materia

organica viene predigerita da funghi e batteri e, grazie a questa tecnica di compostaggio, il lombrico è in grado di ingerire il materiale vegetale. Durante l'ingestione, assume notevoli quantità di microrganismi, batteri e funghi, le cui spore vengono poi distribuite sul territorio; si tratta di microrganismi fondamentali e vi è un aumento notevole del carico microbico dei batteri e degli attinomiceti, osservabile dall'attività microbica respiratoria delle sue deiezioni. La materia organica ingerita dal lombrico viene restituita in forma stabile, ideale per la nutrizione delle piante; la flora intestinale del lombrico è una flora generatrice di humus. In un suolo mediamente colonizzato, 1 milione di lombrichi produce fino a 100 tonnellate di feci per ettaro l'anno.

I lombrichi del suolo minerale colonizzano l'area radicale delle piante; si nutrono di radici morte senza danneggiare le parti vive delle piante. Le specie più superficiali sono diafane e pallide; scavano gallerie orizzontali instabili e difficilmente emergono in superficie. Le grandi specie scure (nella parte anteriore del corpo) scavano in profondità cunicoli quasi verticali, stabili, che raggiungono diversi metri di profondità. Le pareti delle gallerie sono tappezzate di escrementi. I lombrichi sono animali pecilotermi, non hanno un



meccanismo di autoregolazione della temperatura del corpo. Sono particolarmente attivi in primavera e in autunno. Durante i periodi di siccità, in estate, e di gelo, in inverno, si ritirano in profondità nel suolo. Se le condizioni sono estreme, si arrotolano in una cavità tappezzata di escrementi e cadono in uno stato di torpore. I lombrichi muoiono con il secco e non sopportano il caldo intenso. Non sappiamo ancora quali effetti dannosi ha per essi il riscaldamento globale.

La famiglia *lumbricidae* appartiene al phylum degli Anellidi, animali in cui si è affermata e mantenuta la metameria omonoma: i segmenti dei loro corpi, eccettuati quelli alle estremità, sono fra loro morfologicamente e anatomicamente simili. Il loro corpo è composto di metameri (fino a 200), ciascuno dotato di corte setole. Appartengono alla sottoclasse degli oligocheti (*oligos* = poco e *kaité* = setola). Le appendici, dette chete, sono trasformate in setole e rivolte all'indietro per meglio muoversi nel sottosuolo. Per comprendere la loro anatomia bisogna pensare ad una inversione dei sistemi assili, con il sistema nervoso ventrale e l'apparato circolatorio dorsale, all'opposto, ad esempio, dei vertebrati. Hanno una spaziosa cavità corporea, (*celoma*) che viene utilizzata come uno scheletro pneumatico. Le loro dimensioni vanno da meno di mezzo millimetro fino a 2 a 3 metri (nel caso del *Megascolides australis*).

Di grande interesse è la loro riproduzione. Sono animali ermafroditi, ossia ciascuno di essi ha sia

testicoli che ovaie. I sessualmente maturi presentano un ispessimento detto clitello nel primo terzo del corpo. Per riprodursi i lombrichi si intrecciano in posizione opposta uno rispetto all'altro e si scambiano gli spermatozoi. In seguito formano un anello mucoso all'altezza del clitello dal quale si sfilano lentamente deponendovi uova e sperma. L'anello mucoso abbandonato forma un bozzolo delle dimensioni di un chicco di riso. Dopo alcune settimane fino ad alcuni mesi – a seconda della specie – da quest' "uovo di lombrico" sguscia un piccolo lombrico. La riproduzione asessuale può avvenire per scissiparità: divisione trasversale del corpo in due parti, ciascuna delle quali ricostruisce poi le strutture perdute (architomia); se la ricostruzione precede la scissione si hanno due individui completi ancora uniti, uno di seguito all'altro (paratomia); se la scissione avviene contemporaneamente in diversi punti e ciascun tratto ricostruisce le strutture mancanti prima del distacco, si ha una catena di individui (strobilazione).

I lombrichi hanno una elevata capacità di rigenerazione. I loro organi di senso sono cellule foto-recettrici, poste alle due estremità del loro corpo cilindrico, che sono in grado di distinguere il buio dalla luce, e cellule sensoriali epidermiche sparse o raggruppate in gemme. Un senso tattile e gravitazionale permette loro di orientarsi nel sistema di gallerie. Percepiscono inoltre vibrazioni e possono mettersi in salvo all'avvicinarsi di un predatore.



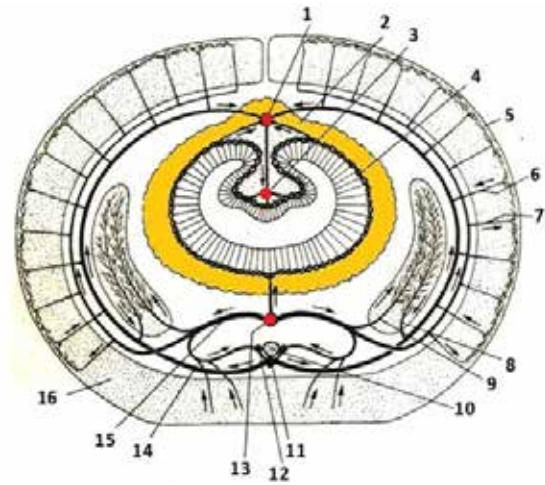
**Lombrichi in accoppiamento**

I lombrichi hanno una anatomia complessa. La loro respirazione è cutanea, grazie alla rete capillare superficiale, l'ossigeno è assorbito dal sangue che scorre nei capillari sotto la pelle. In ambienti poveri di ossigeno si comportano come anaerobici facoltativi, riprendendo il metabolismo aerobico quando il tasso di ossigeno dell'ambiente risale fino al livello necessario.

Il celoma metamerico è diviso in tante parti quanti sono i metameri ed è colmo di un liquido incolore, ricco di cellule libere ameboidi e in comunicazione con l'esterno mediante celomodotti o nefridi attraverso i quali vengono eliminati i rifiuti.

L'apparato circolatorio distribuisce gli alimenti digeriti e gli scambi gassosi, ma spesso i due sistemi di trasporto si sostituiscono a vicenda, soprattutto per gli scambi gassosi. Il lombrico ha sangue rosso come quello umano per la presenza di eritrocruorina. La circolazione avviene per la propulsione del sangue data dal vaso longitudinale dorsale (cuore dorsale) e in ogni metamero vi sono vasi segmentali (cuori esofagei) che concorrono a questa funzione. Inoltre, per ogni segmento una o due coppie di vasi trasversali segmentali si capillarizzano e confluiscono nel vaso longitudinale ventrale. Il celoma del singolo metamero diviene due ampie sacche laterali ed è rappresentato da sottili pareti (celoteli) che all'esterno aderiscono ai fasci muscolari (somatopleura) e verso l'interno rivestono il tubo digerente (splanchnopleura) dando origine al tessuto cloragogo, nel quale si ha la sintesi e demolizione del glicogeno.

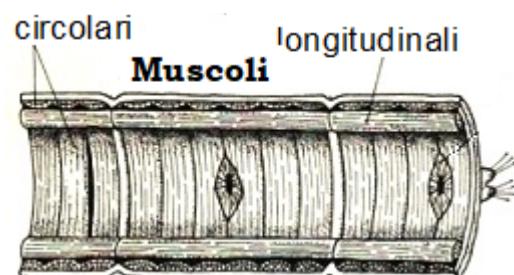
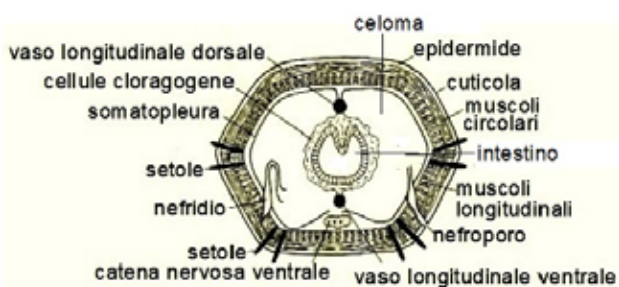
I lombrichi possiedono un sistema nervoso con gangli cerebriformi sopra-esofagei, da cui si dipartono connettivi periesofagei che confluiscono nel primo paio di gangli della catena nervosa ventrale



#### Schema dell'apparato circolatorio di un segmento del corpo di Lumbricidae

1-Vaso longitudinale dorsale 2-cloragogo 3-vaso tiflosolare 4-seno peri-intestinale 5- rete capillare epidermica 6- 7 - vasi cutanei efferente ed afferente 8-9 vasi nefridiali efferenti ed afferenti 10- catena nervosa ventrale 11 - vaso sub-neurale 12- vaso latero-neurale 13- vaso longitudinale ventrale 14- vaso commessurale 15 - vaso tegumentale 16- tegumento

nella quale destano interesse fibre nervose di grande calibro (fibre giganti o neurocorde), un sistema altamente efficiente per la rapida conduzione dell'impulso nervoso che consente di fare a meno delle sinapsi data la lunghezza e il diametro delle fibre nervose. I gangli cerebriformi contengono vari tipi di cellule neuro secretrici che hanno notevole influenza sulla maturità sessuale e sui processi di rigenerazione. Inoltre, poiché ciascun metamero, entro certi limiti, ha una sua autonomia tutti i neuroni di ciascun metamero si concentrano e in esso si forma una coppia di gangli.



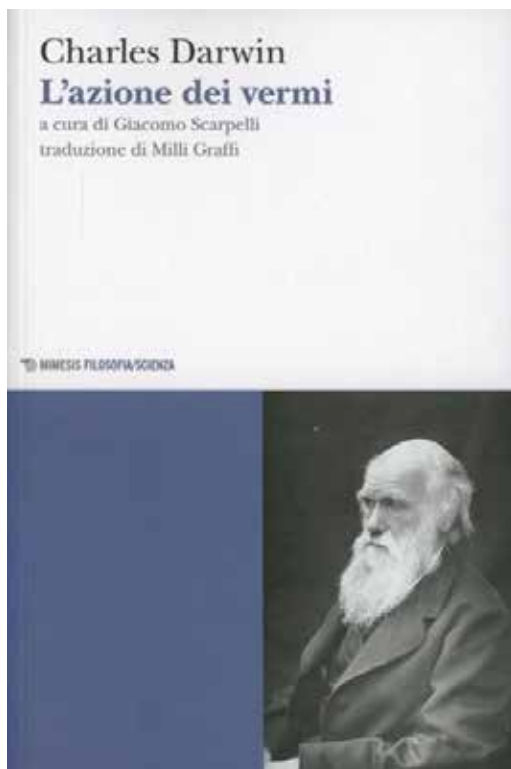
Il genere *Lumbricus* comprende circa 700 specie; si tratta di animali cosmopoliti; alcuni vivono nello strato più superficiale del suolo, altri scavano gallerie semi-verticali a volte profonde fino oltre due metri.

L'utilità dei lombrichi per l'uomo è davvero enorme e, tuttavia, la loro esistenza trova nell'uomo il pericolo maggiore, sia per i sistemi di aratura improvvisi, che distruggono i loro habitat, sia per l'uso di pesticidi che persistono nelle materie vegetali, sia per l'uso di insetticidi geo-sistemici che avvelenano la terra. Il riscaldamento globale, inaridendo e disseccando i terreni, compromette le condizioni ambientali necessarie ai lombrichi. Il

suolo è minacciato. Concimazione eccessiva, pesticidi, fertilizzanti, inquinanti aratura e fresatura eccessive, macchine agricole pesanti che compattano il suolo, decimano le popolazioni di lombrichi. E, soprattutto, il suolo vivo è sempre più edificato. La superficie insediativa in Svizzera aumenta ogni secondo di quasi un metro quadrato. Il suolo viene sempre più impermeabilizzato e il paesaggio deturpato. Nelle zone impermeabilizzate, sotto edifici, posteggi e strade, non esistono praticamente più organismi terricoli. Rischiamo di perdere un preziosissimo alleato per l'agricoltura e di compromettere una condizione vitale e benefica per la produzione di alimenti agricoli. ●

**Charles Darwin**  
***L'azione dei vermi***

a cura di Giacomo Scarpelli  
Mimesis 2012



Ultima opera di Charles Darwin, questo studio sulle piccole creature della terra convalida la teoria dell'evoluzione. Come una metafora dell'intero sistema, il lombrico agisce allo stesso modo della selezione naturale: lavora in modo nascosto e instancabile, e con la complicità del tempo è in grado di trasformare la faccia del pianeta. Dedicato appunto allo studio delle creature più ordinarie e umili, il testo del grande naturalista rivela come i lombrichi, nel loro inesausto impegno nel rivoltare e vagliare la terra, producano alla lunga vasti e inaspettati effetti, dalla formazione dell'humus al dissodamento del suolo, alla trasformazione del paesaggio stesso. Tutt'altro che esseri spregevoli, nonostante l'aspetto, i lombrichi delle pagine di Darwin, dalle quali trapela una poeticità profonda, dimostrano anche barlumi di quella che chiamiamo intelligenza. Qual è allora il lascito di Darwin, in quest'opera che precede di poco la sua scomparsa? Che la selezione naturale è come un verme, cieca e instancabile. Che l'uomo non è l'unico detentore dell'intelletto. Che esiste nel regno animale una scala nella distribuzione di facoltà e disposizioni, ma nessun salto, poiché la nostra origine è comune. Anche se tocca alla specie umana il dovere di salvaguardare e preservare il mondo vivente.

---

## La memoria di tutte le guerre

Eleonora Polo

---

A real time bomb is hidden in aquatic environments: millions of tons of weapons of war that are corroding and can still release their deadly load..

Key words: *Weapons at sea, Sea pollution.*

---

### La guerra infinita

L'ambiente è la vittima silenziosa di tutte le guerre, perché, in previsione di un conflitto, gli analisti si occupano più delle future perdite di vite umane e della distruzione di proprietà e infrastrutture che delle conseguenze ecologiche, dell'impovertimento delle risorse naturali e della morte di specie animali e vegetali. I danni delle due guerre mondiali e dell'attuale situazione di conflitti diffusi<sup>1</sup> li stiamo già in parte pagando, ma soprattutto li pagheremo con interessi salatissimi nei decenni a venire.

### Che cosa e perché: il materiale bellico affondato o inabissato di proposito

Sui fondali marini e lacustri e nelle zone costiere, milioni di tonnellate di materiale bellico si stanno corrodendo da decenni, creando una seria minaccia per l'ambiente e per le attività umane offshore. Si possono individuare tre tipologie di residuati:

- 1) relitti di unità navali di superficie, subacquee, ausiliarie e di supporto e aerei inabissati durante i combattimenti o in seguito a incidenti di vario tipo; navi piene di rifiuti affondate di proposito per eliminare materiale obsoleto e altri rifiuti *scomodi*;
- 2) munizioni convenzionali (bombe, razzi, siluri e mine navali) non esplosive, esplosive e incendiarie;
- 3) munizioni e contenitori di armi chimiche di varie tipologie e pericolosità: irritanti (lacrimogeni, urticanti, starnutatori), vescicanti (iprite e mostarde



1. Ogni anno l'organizzazione non governativa ACLED (Armed Conflict Location & Event Data Project), che si occupa di monitorare i conflitti nel mondo, pubblica un

rapporto sulle guerre in corso: il 2023 ha segnato un aumento del 12% rispetto al 2022 e di oltre il 40% rispetto al 2020. Di fatto, una persona su sei vive in un'area in cui è attiva

una qualche forma di conflitto e si possono individuare situazioni di vera e propria guerra in almeno 50 Paesi o territori.

azotate, lewisite e arsenicali), soffocanti o asfissianti (cloro, fosgene, cloropicrina), veleni sistemici (cianuri e fluoroacetati nella categoria dei tossici enzimatici, organofosfati neurotossici, gas nervini).

Le munizioni che giacciono sui fondali possono provenire direttamente dai combattimenti o dalle esercitazioni (compresi gli ordigni inesplosi) o dallo smaltimento deliberato per impedirne l'uso da parte del nemico in caso di resa o di evacuazione oppure per liberarsi di materiale danneggiato, obsoleto, fuori produzione o in surplus. Appartengono alla seconda tipologia, classificata come *materiale militare scartato*, gli oggetti esplosivi scaricati in mare dopo essere stati privati delle spolette e dei detonatori e quelli rilasciati di proposito durante le attività militari, definiti *come ordigni inattesi*, come gli armamenti da caduta non utilizzati che i bombardieri devono comunque scaricare in mare prima dell'atterraggio/appontaggio per prevenire esplosioni in caso di incidenti. Ovviamente le armi chimiche sono quelle che fanno più paura a causa della loro tossicità e della facilità di contaminazione ambientale, ma non va sottovalutato l'effetto degli esplosivi, in parti-

colare fosforo bianco, TNT e nitroaromatici. Un discorso a parte riguarda il materiale radioattivo di cui non parlerò in questa sede.

### Quando e chi: un po' di storia

A partire dalla seconda metà del XIX secolo, esercitazioni e azioni di guerra lungo le coste e a bordo delle navi hanno cominciato a immettere sempre di più munizioni e altri ordigni negli ambienti marini. Tuttavia, questo tipo di contaminazione costituisce solo una frazione dei rischi ambientali causati dai materiali bellici dispersi, perché il problema principale è costituito dal *dumping* (abbandono deliberato di rifiuti) in mari e oceani di munizioni di ogni tipo e armi chimiche. Per esempio, verso la fine della seconda guerra mondiale, i tedeschi si sono liberati in fretta di molti armamenti per rimuoverli da aree che sarebbero state probabilmente bombardate, per impedire che finissero in mano alle truppe alleate o per demilitarizzare alcune zone prima della resa imminente. Finita la guerra, anche gli Alleati si sono comportati allo stesso modo (Fig. 1) per rimuovere in fretta materiale da guerra dai territori nemici o come alternativa *sicura* – ma soprattutto economica – per eliminarlo.



Fig. 1: fotografie ufficiali di F. Menzies, sergente fotografo del War Office. Fonte: collezioni dell'Imperial War Museum, Pubblico Dominio, <http://media.iwm.org.uk/iwm/mediaLib//51/media-51164/large.jpg>.

Finita la Seconda Guerra Mondiale un po' in tutto il mondo si sono verificati episodi simili e quantità non misurate, ma classificate come *grandi*, di munizioni convenzionali e altri materiali di origine militare sono finiti sui fondali per lo più in zone entro dodici miglia nautiche dalle coste. Molte operazioni di smaltimento sono state appaltate dai militari a organizzazioni civili per risparmiare tempo e denaro, ma i controlli sul loro operato sono stati minimi o assenti. In particolare, si calcola che sul fondale marino lungo la linea costiera del Mar Baltico<sup>2</sup> e del Mare del Nord<sup>3</sup> siano finite almeno 360.000-385.000 tonnellate di diversi tipi di munizioni, di cui circa 300.000 del tipo convenzionale.

Uno dei casi che ci riguardano da vicino è il destino delle quindicimila bombe all'iprite<sup>4</sup> stivate nella nave americana *John Harvey*, alla fonda nel porto di Bari il 2 dicembre 1943, un carico segreto che Churchill avrebbe voluto usare per un attacco alla linea Reinhard. La nave è stata colpita durante il bombardamento<sup>5</sup> dell'area portuale e molte bombe all'iprite sono esplose disperdendo il potente e aggressivo agente chimico nelle acque e nell'aria. Ci sono stati 617 contaminati e 84 morti e sarebbero stati molti di più se il vento non avesse improvvisamente cambiato direzione allontanando la nube tossica dalla città. Tuttavia i decessi, coperti da segreto militare, sono stati frettolosamente attribuiti a cause non ben precisate e a infezioni.

Ma che cosa è accaduto alle bombe inesplose finite sui fondali? Finita la guerra, la bonifica è stata superficiale e poco trasparente perché si è voluto fare in fretta e spendendo poco. L'Adriatico è diventata un'immensa discarica di ordigni tossici, il tutto coperto da segreto militare<sup>6</sup>. Le prime operazioni, affidate inizialmente a una ditta italiana, attraverso i soliti giochi di subappalti, sono finite anche in mano a piccoli

gruppi di pescatori che, invece di arrivare nelle aree destinate, per negligenza o per risparmiare carburante hanno scaricato il materiale bellico dove capitava e addirittura in prossimità dei porti di Bari e Molfetta. Da allora si sono susseguiti incidenti che hanno coinvolto soprattutto i pescatori.

L'iprite liberata, un liquido volatile insolubile in acqua, è assorbita in parte dai sedimenti marini o torna a galla. È una sostanza molto penetrante che agisce sulla pelle infiltrandosi anche attraverso i tessuti, il cuoio e la gomma. Gli effetti si fanno sentire alcune ore dopo l'esposizione a meno che non sia a concentrazioni mortali. Provoca gravi lesioni, dolorose e di difficile guarigione per contatto sulla pelle, negli occhi e nelle vie respiratorie. Inoltre, presenta tossicità e cancerogenicità anche a distanza di anni dall'esposizione.

#### **Dove e come: la collocazione dei rifiuti**

L'ubicazione di queste discariche mortali non è sempre documentata perché molte operazioni di dumping sono state condotte in segreto in molte parti del mondo. Una stima approssimata indica che dal 1946 siano finite negli oceani 1,8 milioni di tonnellate fra munizioni e bombe e 235.000 tonnellate di armi chimiche. Solo una parte dei residui bellici è confinato in aree note e circoscritte, mentre il resto è sparpagliato in zone meno definite o manca del tutto all'appello. Le concentrazioni maggiori sono nel Mare del Nord, nel Baltico (stima: 1,6 milioni di tonnellate di munizioni relitte) e nel mar del Giappone, ma anche il Mar Mediterraneo non scherza e non sono state neppure risparmiate le riserve marine. Dal 1946 al 1988 i pescatori e le associazioni che si sono occupate dello smaltimento delle armi hanno recuperato circa 250.00 tonnellate di munizioni con un pesante bilancio di morti e di feriti. Nonostante una convenzione internazionale in

2. Coen B, Nadler E, Koutsikas N, *Reportage Armes chimiques sous la mer*, ARTE, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=FCleDXZuCIU>

3. Loeuille J, *Menaces en mer du nord*, 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=33rSwJ8PEL8>

4. Arma chimica usata a partire dalla prima guerra mondiale. Vedi: Polo E, *La chimica va alla guerra*, Naturalmente, Edizioni ETS, 3-4:64-75, 2014.

5. <https://youdoc.it/video/2-dicembre-1943-inferno-su-bari>

6. <https://va.mite.gov.it/File/Documento/113398>

vigore dagli anni '70 vieti lo sversamento in mare di sostanze nocive, come gli esplosivi e gli aggressivi chimici contenuti negli ordigni, solo nel triennio che va dal 1996 al 1998, Giappone, Federazione russa e Portogallo, i pochi paesi che lo hanno dichiarato ufficialmente, hanno scaricato nell'oceano circa 1700 tonnellate tra esplosivi e munizioni. Molto materiale è stato scaricato in acque internazionali direttamente o usando come bare vecchie navi in disarmo, stipate di ogni tipo di residuati bellici, talvolta associati a scarti ospedalieri e altri rifiuti speciali, prima di essere affondate di proposito (Fig. 2). La scoperta avviene spesso per caso durante la pesca a strascico o quando si installano impianti in mare aperto e sui fondali marini.

Il quadro europeo, che include anche gli armamenti convenzionali, è altrettanto inquietante (Fig. 3), in particolare nel Mare del Nord e nel Mar Baltico.

### Sarcofaghi che perdono.

#### Rischi potenziali e reali

Le munizioni scaricate rappresentano ancora una minaccia, soprattutto in caso di contatto diretto durante la pesca, i lavori di dragaggio sottomari-

no o i tentativi di disinnescare da parte di cercatori casuali. Il livello di pericolo dipende dallo stato in cui si trovano gli oggetti dopo decine di anni trascorsi in un ambiente aggressivo di acqua salata. La pericolosità è dovuta sia al rischio di esplosione accidentale che alla contaminazione chimica causata dalla fuoriuscita di esplosivi, materiali di innesco o armi chimiche in seguito alla corrosione dei contenitori.

Contrariamente a quanto si possa pensare, la sensibilità all'impatto degli esplosivi tende ad aumentare nel tempo e le sostanze residue dell'esplosione sono altamente tossiche, quindi occorre la massima cautela per evitare detonazioni spontanee. Il problema è aggravato dal fatto che non si ha mai la certezza di cosa possa trovarsi in un sito, se ci sono detonatori che possono ancora esplodere, qual è lo stato di corrosione dei contenitori, se e quali armi chimiche sono presenti. Per di più, verso la fine dei due conflitti mondiali, quando mancava un po' di tutto, sono stati usati i materiali più disparati per assemblare le munizioni, per cui è impossibile conoscere in anticipo quali sostanze contengono e come potrebbero comportarsi. Infine, resta l'incognita



Fig. 2: Schermata di una mappa interattiva mondiale della collocazione delle maggiori zone di accumulo di materiale bellico

dell'eventuale presenza – mai dichiarata – di rifiuti ospedalieri o provenienti da scarichi industriali di materiali tossici.

Negli ultimi decenni si stanno già riscontrando effetti di tossicità e bioaccumulo in numerose specie marine. Per esempio, vari studi sul basso Adriatico hanno rilevato che gli organismi esposti ai prodotti dell'idrolisi dell'iprite mostrano lesioni nei tessuti, bioaccumulo di xenobiotici e alterazioni del comportamento. C'è il fondato rischio che insorgano mutazioni genetiche, teratogenesi e cancro. Questi effetti minacciano l'intera rete trofica e possono avere conseguenze sulla capacità riproduttiva di varie specie.

Anche le armi chimiche a base di arsenico presentano problemi di tossicità analoghe. Un tempo si pensava -o faceva comodo pensare- che la collocazione in mare, oltre che più economica, fosse anche sicura perché, in caso di perdite, gli agenti chimici e gli esplosivi si sarebbero diluiti in breve tempo a concentrazioni non pericolose. Non si è tenuto conto della grande varietà di sostanze chimiche usate e delle loro proprietà, in particolare la solubilità in acqua. Mentre la maggior parte degli agenti nervini è idrosolubile e si disperde in pochi giorni e altri prodotti si degradano per idrolisi, le mostarde di zolfo come l'iprite e i composti di arsenico sono liposolubili e restano a lungo in acqua mantenendo la loro pericolosità per periodi prolungati, anche anni.

Lo stesso vale per il fosforo bianco (Fig.4) usato nelle bombe incendiarie e classificato come arma convenzionale. Si tratta di una sostanza estremamente tossica per gli esseri umani e che a temperatura ambiente può reagire con l'ossigeno in modo estremamente violento, incendiandosi (1300°C) e bruciando fino all'esaurimento. Quando lo si trova sulle spiagge presenta un aspetto simile all'ambra, ma guai a toccarlo!



**Fig. 3: Mappa delle munizioni scaricate nel Mare del Nord.**

**Fonte:** [https://maritime-forum.ec.europa.eu/contents/map-week-dumped-munitions-0\\_en](https://maritime-forum.ec.europa.eu/contents/map-week-dumped-munitions-0_en)

È tristemente noto l'incidente occorso nel 2014 a Gerd Simanski, un ignaro pensionato tedesco che si dilettava a cercare ambra e altri oggetti interessanti sulle spiagge del Baltico. Un giorno trovò una pietra arancione delle dimensioni di una piccola moneta e la infilò nella tasca dei jeans. Dopo alcuni minuti sentì uno schiocco e una fitta dolorosa vicino all'anca e quando abbassò lo sguardo vide fiamme gialle sprigionarsi dalla sua gamba sinistra. Quando infilò la mano in tasca per spegnere il fuoco al tatto, i polpastrelli si ricoprirono di una sostanza viscosa che trasformò le dita in candele accese quando le estrasse dalla tasca. Le fiamme poi si estesero al grasso sottocutaneo e



**Fig. 4: fosforo bianco**

l'unica soluzione fu quella di buttarsi in acqua in attesa degli aiuti. Nell'acqua fredda le fiamme si spensero, ma riprendevano a contatto con l'aria. Per questo motivo anche il trattamento e lo stesso trasporto presentarono problemi enormi. Furono necessari due mesi di ricovero in ospedale per guarire le ustioni che coprivano un terzo del suo corpo. Tuttavia gli è rimasto un dolore cronico e il danno alla gamba sinistra è stato così grave che anche gli innesti di pelle non hanno dato risultati accettabili.

Il TNT e altri esplosivi nitroaromatici sono abbastanza stabili e sono sempre accompagnati da detonatori a base di mercurio o piombo (notoriamente velenosi per gli esseri umani). La loro tossicità è stata studiata su molti organismi e abbiamo molti dati anche sugli esseri umani, perché i danni per una esposizione prolungata sono stati riscontrati già durante la prima guerra mondiale nelle fabbriche in cui si assemblavano le bombe. Era un lavoro svolto soprattutto da donne, che venivano chiamate in Inghilterra *ragazze canarino* a causa della colorazione giallo-arancio che assumeva la loro pelle per intossicazione sistemica da TNT. Anche i neonati che partorivano presentavano la stessa pigmentazione. Gli effetti del TNT possono essere di due tipi: irritazioni alla pelle, alle vie respiratorie e al sistema digestivo, oppure intossicazione al fegato, con sintomi di nausea, itterizia, stipsi, vertigini. I test biologici dimostrano che tritolo e derivati sono nocivi già a concentrazioni molto basse (venticinque milionesimi di grammo per litro di acqua).

### **Come rimediare?**

Di solito ci si muove sempre sull'onda dell'emergenza, ma non dovrebbe essere così, perché si tratta di un problema complesso a più fattori che richiede una programmazione tempestiva, professionale e prolungata nel tempo. In particolare, abbiamo bisogno di nuovi sistemi per smaltire le grandi quantità di munizioni abbandonate in mare, ma che siano economici, ecologici e non pericolosi. L'unico metodo per eliminare gli ordigni è la bonifica, un'operazione rischiosa, lunga e complessa che può essere eseguita solo da tecnici alta-

mente specializzati. Le bombe sono rimosse dai palombari e trasferite al largo in zone destinate a farle brillare, mentre quelle a contenuto chimico sono trasportate a terra per l'inertizzazione in poligoni e strutture dedicate dove sono trattate da artificieri addestrati a intervenire in caso di guerra nucleare, batteriologica e chimica.

Entrambe le operazioni sono così rischiose che ci si domanda sempre se non sia meglio lasciarle dove sono, anche perché da vari report militari risulta che una parte del materiale affondato era già in partenza danneggiato o non più a tenuta. La rimozione di grosse quantità di materiale comporta rischi tecnici che possono provocare danni persino peggiori di un lento inquinamento chimico. Però lasciarlo dove si trova e isolare la zona segnalando il pericolo di avvicinamento, un'opzione che non presenta rischi immediati, non esclude l'impatto ambientale nel lungo termine dovuto alla percolazione e presenta rischi per la sicurezza nazionale. Far conoscere la posizione di questi armamenti potrebbe indurre malintenzionati o balordi a cercare di recuperarli per usarli in attività criminose o di terrorismo.

Servono anche strumenti giuridici adeguati e aggiornati. L'Unione Europea ha introdotto di recente la Direttiva 1203/2024 sulla tutela penale dell'ambiente che di fatto riconosce il reato di *ecocidio* definito da Stop Ecocide International, un gruppo di lavoro di avvocati e legali internazionali, come atti illegali o sconsiderati compiuti con la consapevolezza di una significativa probabilità che tali atti causino danni all'ambiente gravi e diffusi o di lungo termine. Questa associazione si batte da anni perché questo reato sia inserito nella lista di crimini perseguibili dalla Corte penale internazionale dell'Aia in modo che sia possibile condannare e arrestare le persone accusate di "finanziare, permettere o causare gravi danni ambientali".

### **Conclusioni... ma c'è una conclusione?**

In sintesi, c'è ancora molta incertezza sulla scala reale del problema, perché esistono molti vuoti dal punto di vista dell'informazione e della ricerca. Sono indispensabili collaborazioni inter-

nazionali in termini di scienza, politica e governo con l'obiettivo comune di ridurre i rischi per tutti gli ecosistemi marini. Non basta lavorare a livello nazionale, perché vari Paesi hanno scaricato il materiale da smaltire *a casa di altri* o in acque internazionali. Le forze armate statunitensi hanno ammesso di smaltito almeno il 60% dei loro scarti fuori dalle loro acque territoriali e i dati sono stati registrati solo dal 1941, mentre non c'è traccia di quanto è successo prima. Le tecnologie di esplorazione dei fondali marini hanno ora raggiunto un livello di maturità tale da poter affrontare la sfida di mappare e identificare le munizioni sott'acqua almeno a livello locale. Un'indagine su scala più ampia è possibile in teoria, ma troppo costosa in pratica.

Gli oggetti pericolosi sui fondali incidono sulla sicurezza degli investimenti in strutture di importanza strategica per la sicurezza e l'economia degli stati che si affacciano sul mare, come pesca, turismo e altre forme di esplorazione, a cui va aggiunta l'installazione di linee di comunicazione marittime e commerciali, infrastrutture di trasmissione offshore (gasdotti, oleodotti e cavi elettrici), terminali di gas naturale liquefatto, unità galleggianti di stoccaggio e rigassificazione e aree di investimento per parchi eolici in mare aperto.

Non possiamo certo mettere la testa sotto la sabbia... e pure lì non c'è da stare tranquilli. ●

### Bibliografia

1. Polo E, *L'isola che non c'è. La plastica negli oceani fra mito e realtà*, Bari, Edizioni Dedalo, 2020.
2. Carnimeo N, *Come è profondo il mare. La plastica, il mercurio, il tritolo e il pesce che mangiamo*, Milano, Chiarelettere, 2014
3. Jha UC, *Armed Conflict and Environmental Damage*, India, Vij Books, 2015
4. Missiaen, T, Henriët JP, *Chemical munition dump sites in coastal environments*, Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC) Federal Ministry of Social Affairs, Public Health and the Environment, Brussels 2002
5. Beldowski J, Edwards M, Brenner M, Lehtonen M, *Dumped munitions in the sea: fate, impacts and risks*, Mar. Environ. Res., Special-issue, Elsevier, Amsterdam 2022
6. Cassandro B, *Inquinamento marino da armi chimiche e sua incidenza sulle zone costiere: un problema planetario*, Contratto e impresa, vol.2:724-755, Pacini Ed., 2016
7. Zampetti G, Ciafani S, *Armi chimiche: un'eredità ancora pericolosa*, Legambiente, 2012, [https://web.archive.org/web/20220429215850/https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/dossier\\_armichimiche\\_1.pdf](https://web.archive.org/web/20220429215850/https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/dossier_armichimiche_1.pdf)
8. Di Feo G, *Veleni di Stato*, Milano, Rizzoli Libri, 2011



---

## Com'è difficile capirsi

Paola Bortolon

---

Verbal and non-verbal communication is a very complex activity that can lead to incomprehension, difficulties in interactions, misunderstandings, and sometimes even irritability, anxiety, anger, and estrangement. Knowing how to communicate, enriching one's vocabulary, recognizing the various communication styles and the barriers that can impair understanding and alter interpersonal relationships are skills that need to be built upon and constantly enhanced and enriched.

Key words: *Communication, Communication blackouts, Lexicon, Listening.*

---

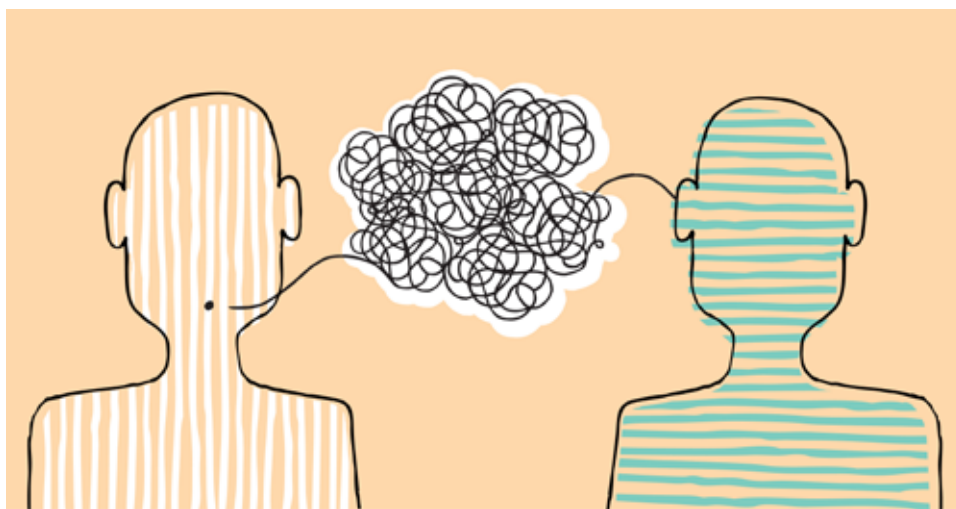
Una delle 4 competenze del XXI secolo è la competenza del comunicare<sup>1</sup>, attività molto complessa che può comportare incomprensioni, difficoltà nelle interazioni, fraintendimenti e talvolta addirittura irritabilità, ansia, sentimenti di rabbia e di allontanamento.

Comunicare, che etimologicamente si riconnette all'azione di "rendere comune", consiste nella trasmissione di informazioni utilizzando specifici codici e canali, che variano a seconda del contesto, dei soggetti e degli scopi e che sovente sono volti ad instaurare rapporti e relazioni tra gli individui.

Ogni comunicazione porta con sé due aspetti, un aspetto di contenuto, cioè le informazioni che vengono trasferite, e un aspetto di relazione. Comunicando noi ci presentiamo e ci riveliamo agli altri e, attraverso il loro percepirci, costruiamo e decostruiamo la nostra identità personale, incrementiamo o meno la nostra autostima, la fiducia in noi stessi e negli altri.

Il linguaggio, verbale e non verbale, è infatti la forma privilegiata di interazione sociale, concorre ad avvicinare o ad allontanare gli individui, a sostenere o meno le motivazioni, gli interessi e la disponibilità ad agire.

In ogni interazione comunicativa vi è un emittente, colui che invia il messaggio, un ricevente ratificato, cioè destinatario diretto di quel



1. Le 4 competenze fondamentali che si devono possedere si riferiscono a: comunicazione, collaborazione, pensiero critico (critical thinking), creatività.

messaggio, o non ratificato, cioè un ricevente involontario, un canale comunicativo e un codice, che deve essere conosciuto da entrambi, emittente e ricevente.

Fermo restando i blackout comunicativi legati al canale o all'impossibilità di ricevere dei feedback con i quali poter modulare o ripetere il messaggio, un fattore di incomprensione è rappresentato dal codice, che nel linguaggio verbale è costituito dalle parole, di cui ci si impossessa gradualmente, fin dai primi mesi di vita, inizialmente attraverso le lallazioni, precursori delle successive strutture fonetiche proprie di ogni lingua e poi associando alla parola un significato e costruendo le prime olo-frasi allorché con una singola parola, ad esempio "pappa", vengono espressi un intero concetto, un'azione, una situazione.

Dopo i 18 mesi di vita si assiste all'esplosione del vocabolario, passando da una media di 200 parole conosciute a un anno di età a 1800 al raggiungimento del quarto anno. La capacità di associazione nome-oggetto consente di avviare le prime categorizzazioni e infonde al bambino sicurezza quando, allontanandosi dal contesto noto, dall'ambiente domestico, può utilizzare la parola come succedaneo dell'oggetto<sup>2</sup>.

La parola è l'etichetta di un concetto o meglio di un insieme di concetti, analogamente uno stesso concetto può essere associato a diverse parole, a un insieme di sinonimi, il cui possesso può essere indice di ricchezza e competenza lessicale, di abilità oratoria e di cui ci si sente sovente sprovvisti nell'utilizzo di una lingua straniera.

Proprio questa pluralità di concetti associati alla parola, che ne costituisce una sorta di "etichetta" e che possono variare anche a seconda del contesto di utilizzo, può rappresentare una causa di incomprensione<sup>3</sup>.

Chiedendo ad alcuni studenti quale concetto associassero alla parola "fenomeno", per alcuni il fenomeno "era una persona che si distingue da-

gli altri per le qualità", per altri "qualcosa che succede in seguito a qualcos'altro", per altri ancora "un fatto non usuale".

Allenare a interpretare le parole in base al contesto è un'attività con cui migliorare le capacità sia interpretative sia comunicativo-relazionali, soprattutto in un momento in cui si assiste ad un impoverimento nell'uso delle parole oppure all'utilizzo di parole e argomentazioni a scopo manipolativo.

Se in base a due degli assiomi della comunicazione<sup>4</sup> "non è possibile non comunicare", perché anche rimanendo silenziosi si invia un messaggio, "gli esseri umani non possono comunicare", quanto inviato non sarà mai uguale a quanto recepito, un supporto alla comunicazione viene fornito dal linguaggio non verbale: la postura, il comportamento motorio-gestuale, l'orientamento spaziale, il contatto oculare, la distanza inter-personale, gli aspetti non verbali del parlato (caratterizzatori vocali: sospiri, gemiti, pianto, e qualificatori vocali; intensità, timbro, estensione). Nel caso di incongruenze tra messaggio verbale e messaggio non verbale, quest'ultimo avrà il sopravvento<sup>5</sup>.



2. Fasulo A, Pontecorvo C, *Come si dice?*, Roma, Carocci, 2004.

3. Bortolon P, *Ascoltare e comunicare*, Nuovo Gulliver News, 228, 2022.

4. Watzlawick P, Beavin JH, Jackson DD, *Pragmatica della comunicazione umana*, Roma, Astrolabio Ubaldini, 1971.

5. Di Fabio AM, *Counseling*, Firenze, Giunti, 1999.

Saper comunicare significa anche saper riconoscere ed evitare le barriere della comunicazione, spesso utilizzate in modo spontaneo e involontario<sup>6</sup>.

#### Le barriere della comunicazione (Thomas Gordon)

**Dare ordini:** "tu devi", "bisogna che tu...", "tu farai..."

**Minacciare, avvisare, mettere in guardia:** "se non farai così...", "e tu farai così...", "altrimenti..."

**Fare la predica, rimproverare:** "dovresti...", "sta al tuo senso di responsabilità...", "sai che è tuo dovere..."

**Offrire soluzioni, consigli:** "al posto tuo farei...", "permettimi di darti un consiglio..."

**Argomentare, persuadere con la logica:** "ecco perché tu sbagli...", "Sì, però..."

**Giudicare, criticare, biasimare:** "sei un incapace...", "sei un perdigiorno..."

**Ridicolizzare, etichettare, usare frasi fatte:** "fannullone!", "sei un bambino"

**Interpretare, analizzare, diagnosticare:** "sei solo stanco", "tu in realtà non vuoi questo..."

**Fare apprezzamenti, elogiare per manipolare:** "hai ragione, il tuo amico è proprio terribile..."

**Rassicurare, consolare:** "non avere paura...", "fatti coraggio..."

**Contestare, indagare, mettere in dubbio:** "perché?...", "chi?...", "come?"

**Cambiare argomento, minimizzare, ironizzare:** "parliamo d'altro!", "adesso non è il momento..."

Utile è anche riconoscere i vari stili comunicativi per comprendere le caratteristiche del soggetto con cui ci si relaziona e, eventualmente, separare il contenuto (il cosa) dalla forma (il come) del messaggio.

Lo stile passivo è proprio di colui che non parla, non manifesta le proprie idee, accetta le decisioni altrui, si preoccupa di piacere agli interlocutori, vuole evitare conflitti, teme di doversi assumere delle responsabilità. Il suo eloquio è esitante, ricco di pause, incerto, il tono di voce è piatto e monocorde. Lo stile aggressivo è di chi, anche nell'interazione verbale, vuole dominare, genera-

lizzando, giudicando, sovrapponendosi al turno di parola dell'interlocutore e assumendo posture volte a evidenziare la sua superiorità. La voce concitata e stridente e i toni acuti sono utilizzati spesso per denigrare o allontanare, impedendo l'alternanza di parola. Il comunicatore assertivo rispetta e accetta i diritti e le esigenze altrui, ma esprime con pacatezza e moderazione le proprie idee, il personale parere e anche il proprio dissenso. Uno stile comunicativo questo che purtroppo si va via via perdendo come si assiste quotidianamente in molte trasmissioni televisive in cui la parola è sostituita dal grido e dall'insulto. Proprio per questo lo stile assertivo è una "tecnica" che va appresa e migliorata per gestire in modo positivo e costruttivo i rapporti interpersonali.

Oltre allo stile comunicativo da saper riconoscere e modificare, è cosa nota che alcune persone sono prolisse mentre altre sintetiche o molto sintetiche. Alcuni utilizzano molto tempo per esprimere idee e emozioni, per raccontare situazioni e avvenimenti, ripetendo uno stesso concetto più volte e divagando, talvolta per manipolare o per distogliere l'attenzione da un contenuto importante, come nella famosa disquisizione dell'avvocato Azzecagarbugli che utilizza le parole che un illetterato non può capire, per rovesciare la realtà e confondere le acque.

Se non avete fede in me, non facciam niente. Chi dice le bugie al dottore, vedete figliuolo, è uno sciocco che dirà la verità al giudice. All'avvocato bisogna raccontar le cose chiare: a noi tocca poi a imbrogliarle. Se volete ch'io v'aiuti, bisogna dirmi tutto, dall'a fino alla zeta, col cuore in mano, come al confessore. Dovete nominarmi la persona da cui avete avuto il mandato: sarà naturalmente persona di riguardo; e, in questo caso, io anderò da lui, a fare un atto di dovere. Non gli dirò, vedete, ch'io sappia da voi, che v'ha mandato lui: fidatevi. Gli dirò che vengo ad implorar la sua protezione, per un povero giovine calunniato. E con lui prenderò i concerti opportuni, per finir l'affare lodevolmente. Capite bene che, salvando sé, salverà anche voi. Se poi la scappata

6. Gordon T, *Genitori efficaci*, Molfetta, La Meridiana, 1997.

fosse tutta vostra, via, non mi ritiro: ho cavato altri da peggio imbrogli... Purché non abbiate offeso persona di riguardo, intendiamoci, m'impegno a togliervi d'impiccio: con un po' di spesa, intendiamoci. Dovete dirmi chi sia l'offeso, come si dice: e, secondo la condizione, la qualità e l'umore dell'amico, si vedrà se convenga più di tenerlo a segno con le protezioni, o trovar qualche modo d'attaccarlo noi in criminale, e mettergli una pulce nell'orecchio; perché, vedete, a saper ben maneggiare le gride, nessuno è reo, e nessuno è innocente. In quanto al curato, se è persona di giudizio, se ne starà zitto; se fosse una testolina, c'è rimedio anche per quelle. D'ogni intrigo si può uscire; ma ci vuole un uomo: e il vostro caso è serio; serio, vi dico, serio: la grida canta chiaro; e se la cosa si deve decider tra la giustizia e voi, così a quattr'occhi, state fresco. Io vi parlo da amico: le scappate bisogna pagarle: se volete passarvela liscia, danari e sincerità, fidarvi di chi vi vuol bene, ubbidire, far tutto quello che vi sarà suggerito."

[*I Promessi sposi*, capitolo 3°]

Altri ricorrono a brevi frasi o a poche parole per riferire un concetto o comunicare un'informazione. Posizioni con polarità estrema non favoriscono l'interazione perché nel primo caso sopraggiunge la noia o si blocca l'ascolto, mentre nel secondo caso vi può essere una difficile comprensione del messaggio.

Può essere un'ottima palestra anche allenarsi alle 4 massime conversazionali di Grice<sup>7</sup>: massime della quantità, della qualità, del modo, della relazione.

Nell'interazione dialogica se importanti sono le varie competenze dell'emittente, altrettante valide devono essere quelle del ricevente, a cui è richiesto un ascolto attivo e comprendente associato a momenti di riformulazione, con i quali verificare la corretta interpretazione del messaggio, e alternati alla formulazione di domande chiarificatrici, aventi lo scopo di una più approfondita comprensione.

Il più delle volte, l'ascolto avviene a tratti, con l'attenzione non rivolta all'emittente ma a sé

stessi, più interessati a formulare le risposte che a cogliere il punto di vista dell'altro, oppure ci si concentra sulle parole, sul contenuto superficiale del messaggio, trascurando la comprensione della mentalità, dei sentimenti, delle emozioni dell'altro.

Pochi applicano le regole del silenzio dell'Abate Dinouart<sup>8</sup>, che risalgono al Settecento:

- È bene parlare solo quando si deve dire qualcosa che valga più del silenzio
- Esiste un momento per tacere e un momento per parlare, ma nell'ordine il momento per tacere deve sempre precedere quello del parlare
- Quando si deve dire una cosa importante è buona precauzione dirla prima a sé stessi e poi ancora ripensarla, per non doversi pentire quando non si potrà più impedire che si propaghi
- Saper mantenere il silenzio nelle situazioni consuete della vita non è virtù minore dell'abilità e della cura richiesta per parlare bene
- Il silenzio è necessario in molte occasioni; la sincerità lo è sempre; si può qualche volta tacere un pensiero, mai lo si deve camuffare.

Qualcosa di simile a quello che dicevano i nostri nonni o le nostre madri "Prima di parlare conta fino a 10" o come diceva Goethe "Parlare è un bisogno, ascoltare un'arte". ●

#### Massime conversazionali (Grice)

##### Secondo la quantità

1. Dai un contributo tanto informativo quanto richiesto
2. Non dare un contributo più informativo di quanto richiesto

##### Secondo la qualità

1. Non dire ciò che credi essere falso
2. Non dire ciò per cui non hai prove adeguate

##### Secondo il modo

1. Evita l'oscurità di espressione
2. Evita l'ambiguità
3. Sii breve (evita la prolissità non necessaria)

##### Secondo la relazione

1. Sii pertinente

7. Grice HP, *Logic and conversation*, in Cole & Morgan, *Syntax and Semantics*, 1975.

8. Dinouart JA, *L'arte di tacere*, Palermo, Sellerio 1996.

## Il mondo unidimensionale dell'ingegneria genetica

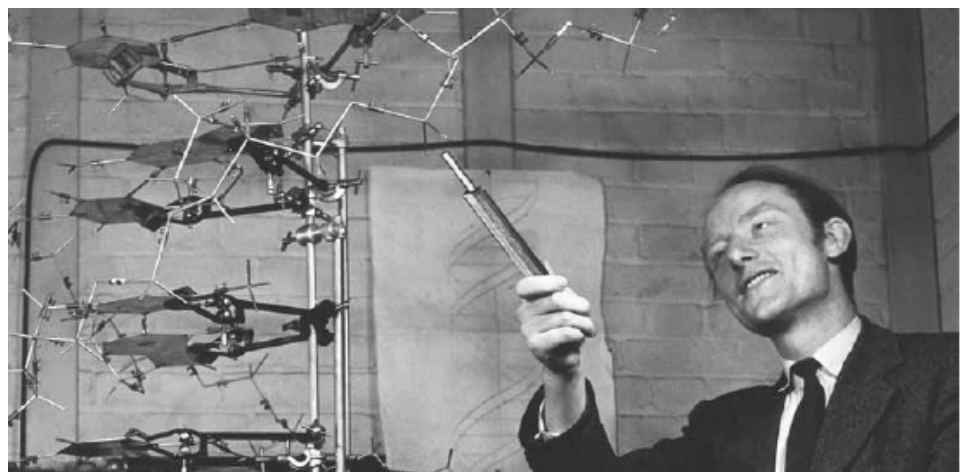
Angelika Hilbeck

The “genetic engineering” experiment began over half a century ago with the first laboratory demonstration of “transgenesis” in 1971. These are life forms with unprecedented configurations of hereditary bases that have not gone through tests and trials and have not been driven by evolution. In technological areas such as materials science or computer science, basic scientific discoveries have rapidly led to tangible technical developments and economic successes. In the case of genetic engineering, the great agricultural success story did not materialize. However, this has not prevented new promises and exaggerated expectations. In reverse. The reason for this situation is the subject of this essay. Some parts of the text are taken from a chapter of the book that Chapela and the author recently published<sup>1</sup>.

Key words: *Genetic engineering, Gene-editing, Genetically Modified Organisms.*

### Credenze dogmatiche

L'ingegneria genetica, intesa come manipolazione deliberata e consapevole delle presunte particelle fondamentali della vita, si basa su una serie di dogmi. In primo luogo, l'importanza centrale e il dominio assoluto del DNA non solo nell'ereditarietà, ma anche nel mantenimento metabolico (attraverso il metabolismo) delle forme di vita. In secondo luogo, il comportamento atomistico di alcune sequenze di DNA, che vengono definite “geni” ed equiparate a un codice, come avviene in informatica. Tale “codice” del DNA può, secondo la logica di questo dogma dell'ingegneria genetica (definito anche “dogma centrale”), essere “spostato” a piacimento da un contesto biologico a un altro, senza che il “significato” o la funzione di questo “codice” cambino. In terzo luogo, l'universalità (non dipendente dalle circostanze) del “significato” del codice genetico: una sequenza di DNA trasferita dall'organismo A e aggiunta al genoma dell'organismo B avrà sempre esattamente lo stesso significato, cioè la stessa funzione, come nell'organismo A, solo questa e nessun'altra. Questa combinazione di semplicità del concetto e di universalità delle potenziali applicazioni e dei modelli commerciali lucrativi che ne possono derivare che spiega ancora oggi il potere schiacciante della promessa dell'ingegneria genetica.



1. Chapela I, Hilbeck A, *GMOs and Human and Environmental Safety*, in Valdés E, Lecaros JA (eds), *Handbook of Bioethical Decisions*, Springer, Cham, 2023.

### **Dogmi anche come base della regolazione**

Questi presupposti dogmatici hanno costituito la base per approcci normativi nazionali e internazionali da parte di istituzioni dichiarate responsabili. Gli Stati Uniti sono stati pionieri, per esempio con il Committee on Competitiveness, istituito nel 1989 durante l'amministrazione di George Bush senior e incaricato di rimuovere gli "ostacoli" normativi al libero funzionamento delle industrie biotecnologiche e di altre industrie. In quell'occasione è stato creato il principio di base della "equivalenza sostanziale" degli organismi geneticamente modificati (OGM).

Gli OGM, essendo indistinguibili dai loro predecessori non transgenici, non richiedevano né una regolamentazione speciale né una responsabilità particolare da parte dei produttori, purché le nuove forme di vita create rientrassero nella più ampia gamma possibile di variazioni dei loro componenti di base (proteine, grassi e carboidrati). In pratica, non è mai stato definito cosa sia una nuova forma di vita GM non sostanzialmente equivalente. Questo principio è entrato nei principi di base della regolamentazione dell'ingegneria genetica in Europa e in altri Paesi, compresa la cosiddetta "valutazione comparativa" dell'UE<sup>2</sup>, in diverse varianti e terminologie. Ciononostante, queste forme di vita geneticamente modificate erano sufficientemente "nuove" da ottenere lo status di invenzione umana ai fini della brevettabilità. Una contraddizione che solo negli ambienti dell'ingegneria genetica non è considerata tale.

### **Prodotti deludenti dei vecchi metodi di ingegneria genetica**

In un ambiente politico favorevole, sostenuto da media entusiasti e generosi incentivi finanziari, alimentato da grandi speranze e aspettative di profitto, a metà degli anni '90 negli Stati Uniti sono state introdotte le prime colture geneticamente modificate. Ci si aspettava che le nuove

varietà GM sarebbero uscite dalla linea di produzione in rapida successione, proprio come era avvenuto con i prodotti informatici. Ma le cose sono andate molto diversamente. Ancora oggi, sono sempre gli stessi due tratti genetici, la tolleranza agli erbicidi (HT) e le tossine insetticide, ottenute per transgenesi dal batterio *Bacillus thuringiensis* (Bt), a dominare il mercato delle sementi, "incorporati" nelle colture di soia, mais, cotone e colza. Quasi tutte le colture geneticamente modificate disponibili in commercio contengono uno o più tratti HT che consentono di irrorare ripetutamente e su un'ampia superficie le colture con gli stessi erbicidi ad ampio spettro, distruggendo qualsiasi pianta priva del tratto HT con tutte le forme di vita associate.

Circa il 99% delle colture geneticamente modificate vendute oggi contiene tratti di una o entrambe le categorie di resistenza agli erbicidi e ai parassiti. Il restante 1% delle colture geneticamente modificate occupa mercati di nicchia con scarsa o nulla importanza agronomica o economica globale.

Le promesse di tratti complessi che avrebbero dovuto inaugurare una nuova era di colture geneticamente modificate più resistenti alle asperità climatiche, più ricche di sostanze nutritive o più adatte ai diversi contesti ambientali, e pertanto in grado di contribuire a ridurre la fame, la perdita di biodiversità e il cambiamento climatico, non si sono concretizzate. Ne è un esempio il cosiddetto mais tollerante alla siccità (evento MON87460) sviluppato da Bayer (ex Monsanto), che viene commercializzato negli Stati Uniti e che da diversi anni si cerca di introdurre, senza successo, anche nell'Africa meridionale e orientale. La tolleranza alla siccità non è mai stata provata in modo indipendente nella letteratura scientifica, ma è stata dichiarata solo dalla stessa Monsanto. Negli Stati Uniti il mais ha deluso<sup>3</sup> e anche le autorità sudafricane hanno già respinto le varietà di questo mais perché non hanno prodotto un aumen-

2. Hilbeck A et al., *GMO regulations and their interpretation: how EFSA's guidance on risk assessments of GMOs is bound to fail*, Environ Sci Eur 32:54, 2020.

3. <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/91103/eib-204.pdf?v=5455.2>

to misurabile della resa né la pretesa tolleranza alla siccità non è stata dimostrata: il MON87460, hanno concluso le autorità sudafricane, “non ha migliorato o preservato la resa in condizioni di limitazione idrica”, mentre “alcune prove hanno addirittura mostrato rese inferiori rispetto al mais convenzionale”<sup>4</sup>. Il fatto che l’integrazione di un singolo transgene, il transgene *cspB*, da solo conferisca la tolleranza alla siccità è sempre stata un’affermazione scientificamente azzardata. La tolleranza alla siccità si basa su processi fisiologici molto complessi che coinvolgono centinaia di geni interagenti. La selezione agro-ecologica e quella convenzionale, invece, hanno avuto molto più successo e hanno già fornito molte varietà adattate anche a luoghi aridi, che però sono poco apprezzate.

Tutte le piante di questa “prima generazione” di OGM sono state pubblicizzate come “super strumenti” per aumentare la sostenibilità, la produttività e la redditività dell’agricoltura, superando di gran lunga quelle delle colture convenzionali. Hanno fallito su tutti i fronti e hanno invece creato superproblemi, tra cui la comparsa di resistenza agli erbicidi nelle “superinfestanti” e alle tossine Bt nei “superparassiti”. Negli ultimi decenni sono stati pubblicati e discussi innumerevoli rapporti su questi effetti, alcuni dei quali sono stati catastrofici per gli agricoltori e per l’ambiente. Ciò che vogliamo sottolineare in questa sede sono le sorprendenti ragioni per cui il modello di business è rimasto intatto nonostante i pessimi risultati pratici.

### Modelli di business lucrativi

Verso la fine del XX secolo il dinamismo dell’industria del capitale di rischio, che era praticamente esplosa in seguito ai successi del settore informatico (hardware, software, capacità di calcolo, ecc.), è penetrato anche nella situazione già tesa della biotecnologia. A partire dagli anni ’90, grandi quantità di capitale sono state fornite da fondi e

mega-fondazioni o dai loro proprietari e manager, che difficilmente o per nulla erano in grado di valutare realmente le promesse e le basi scientifiche dell’ingegneria genetica. Gli investitori di capitali di rischio alla ricerca di nuovi investimenti per aumentare la loro ricchezza erano disposti a credere praticamente a qualsiasi promessa, non importa quanto esagerata, a patto che un numero sufficiente di “esperti comprovati” fosse impiegato nelle aziende appena fondate o avesse comunque una partecipazione nelle aziende. Non c’era carenza di questi esperti grazie agli esorbitanti finanziamenti che dagli anni ’90 erano stati convogliati nella ricerca e nello sviluppo dell’ingegneria genetica, sia dalle tasche pubbliche che da quelle private. Si prevedeva inoltre che i progetti di ricerca in biologia molecolare avrebbero prodotto sempre più risultati brevettabili e che gli scienziati si sarebbero cimentati nell’imprenditoria. Ciò ha portato a un’enorme diffusione di *start-up* biotecnologiche che promettevano di risolvere ogni tipo di problema attraverso l’ingegneria genetica con prodotti a base di DNA brevettati.

Sotto la bandiera della “biologia sintetica”, un nuovo termine per indicare la transgenesi emerso negli anni ’90, sono state fatte offerte che promettevano di “ricreare” microbi (e, più raramente, piante), per esempio alghe che producono “carburanti verdi” (Solazyme), di porre fine alla malaria attraverso la produzione sintetica della sostanza vegetale inibitrice della malaria, l’artemisinina, o di sradicare la zanzara della malaria diffondendo popolazioni geneticamente danneggiate (per esempio, Oxitec). Nessuna promessa è mai maturata in un prodotto che funzionasse e che avesse successo sul mercato.

### L’ingegneria genetica è bloccata in un mondo unidimensionale

Nel corso degli anni ’90, l’industria biotecnologica ha rischiato di afflosciarsi. I corposi postulati

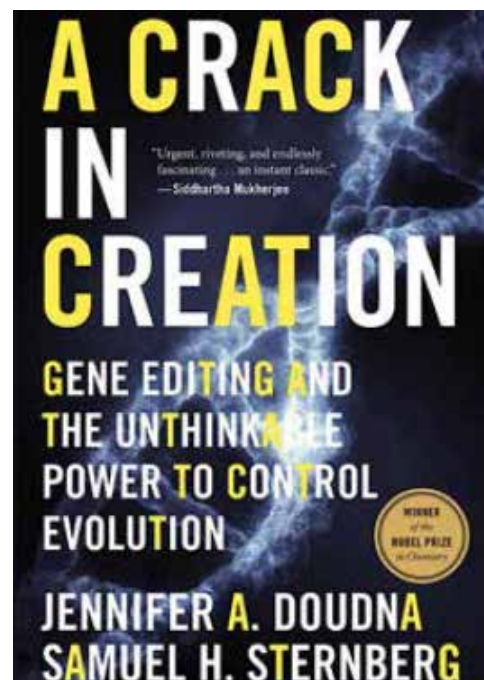
4. Gilbert N, *Cross-bred crops get fit faster: Genetic engineering lags behind conventional breeding in efforts to create drought-resistant maize*, Nature, 513:292, 2014; Gilbert N, *Fragal farming. Old-fashioned breeding techniques are bearing more fruit than genetic engineering in developing self-sufficient*

*super plants*, Nature, 533:308-310, 2016.

che si potevano trovare in quasi tutti i programmi di finanziamento governativo degli anni '90, che proclamavano l'ingegneria genetica come "industria chiave" del XXI secolo, sono scomparsi. Con una nuova tecnologia, la CRISPR-Cas, l'industria ha vissuto l'agognata e ben orchestrata rinascita, proposta sul mercato con un nuovo nome: "editing del genoma", al fine di distogliere l'attenzione dalla continuità con l'ingegneria genetica, che rimaneva altamente controversa. Con essa sono stati riproposti gli stessi postulati dogmatici su funzioni, benefici e sicurezza, che non necessitano di alcuna conferma scientifica. Anzi, le promesse sono addirittura aumentate.

L'entusiasmo non ha conosciuto limiti, soprattutto in molti media, che hanno diffuso i sogni degli ingegneri genetici non solo in modo acritico, ma a volte con fervore quasi religioso – ad esempio, *Die Zeit* ha parlato di come l'ingegneria genetica sia in grado di "abbellire la narrazione della natura"<sup>5</sup>, e innumerevoli altri professionisti dei media hanno fantasticato sul controllo umano dell'evoluzione<sup>6</sup>. Nessuno si rende conto che ognuno di questi elogi rivela una comprensione ingenua dei poteri magici del DNA e una mancanza di formazione sulle questioni evolutive. La chimica premio Nobel Jennifer Doudna ha rivelato la sua limitata comprensione dell'evoluzione in frasi memorabili come questa: "Stiamo già eliminando il sistema sordo, muto e cieco che ha plasmato il materiale genetico del nostro pianeta per eoni e lo stiamo sostituendo con il sistema consapevole e intenzionale dell'evoluzione diretta dall'uomo"<sup>7</sup>. Ad oggi sono completamente ignorati tutti i risultati delle ricerche e le analisi di ricercatori di provata efficacia che dimostrano che l'evoluzione è un processo multidimensionale e imprevedibile che si svolge all'interno delle condizioni e delle forze locali che modellano la natura ovunque in modo diverso: il tempo, l'acqua, la roccia madre, ecc. sono le condizioni fisiche dalle quali gli or-

ganismi formano un ambiente più o meno utile per loro e che guidano l'evoluzione. Nel libro del 2005 *Evolution in Four Dimensions*, Eva Jablonka e Marion Lamb, esperti riconosciuti nel loro campo, sostengono l'esistenza di quattro (!) dimensioni dell'evoluzione e la avvalorano con innumerevoli studi scientifici<sup>8</sup>. Questi risultati non sono conciliabili con la comprensione riduzionista e decontestualizzata dell'ingegneria genetica e possono spiegare il suo fallimento in biologia. Nel processo evolutivo, due di queste quattro forze sono la riproduzione con variazioni (mutazione o ricombinazione genica, simbiogenesi, ecc.) e la selezione. L'ingegneria genetica è una manipolazione tecnica senza precedenti della prima forza, indipendentemente dalla sua precisione in termini di portata e localizzazione. Che la manipolazione tecnica della prima forza dell'evoluzione (la riproduzione) avvenga tramite transgenesi (come nelle prime tecniche OGM) o tramite mutagenesi diretta da oligonucleotidi (MDO),



5. *Die grosse Hoffnung*, Die Zeit Ausgabe n. 27, 2016.

6. [https://www.newscientist.com/article/mg24933170-800-crispr-gene-editing-urgent-](https://www.newscientist.com/article/mg24933170-800-crispr-gene-editing-urgent-ly-needs-an-off-switch-now-we-have-one/)

[ly-needs-an-off-switch-now-we-have-one/](https://www.theguardian.com/commentis-free/2019/dec/08/gene-editing-will-let-us-control-our-very-evolution-we-must-use-it-wisely); <https://www.theguardian.com/commentis-free/2019/dec/08/gene-editing-will-let-us-control-our-very-evolution-we-must-use-it-wisely>

7. Doudna JA and Sternberg SH, *A crack in creation*, Houghton Mifflin Harcourt Publisher, 2017.

8. Cfr. Lewontin RC, *Biology as Ideology*, 1991; Fox-Keller E,

*The Century of the Gene*, 2002; Longo G, *Programming Evolution: A Crack in Science*, I Journal of Biological Sciences, vol. 5: 5-16, 2021.

compresi gli altri metodi cosiddetti di “gene-editing” come CRISPR-Cas, TALENS, Zinc finger o altri, non cambia il fatto che tale manipolazione tecnica avviene ben al di fuori del copione e della coreografia della riproduzione che guida l’evoluzione delle forme di vita.

Così, mentre è chiaro da decenni che l’evoluzione e l’emergere di nuovi fenotipi richiedono molto di più del solo DNA, ma sono il risultato di processi multidimensionali che nessun essere umano può controllare, la biotecnologia/ingegneria genetica rimane bloccata nell’unica dimensione che conosce e su cui si basa il suo modello di business. E solo la scienza che non scuote la visione unidimensionale del mondo viene accettata selettivamente in questa industria.

### **Prodotti deludenti dei nuovi metodi di ingegneria genetica**

Dopo più di 12 anni dal suo lancio ufficiale nel 2012, il metodo di ingegneria genetica più lodato, il CRISPR-Cas, ha prodotto nel settore agricolo ancora meno dei metodi di transgenesi più vecchi in un periodo di tempo paragonabile, cioè praticamente nulla che sia durato sul mercato. E questo nonostante il fatto che ci siano stati e continuano ad esserci migliaia di progetti di sviluppo e ricerca in tutto il mondo<sup>9</sup> e che in Nord e Sud America non ci sia alcuna regolamentazione che “ostacoli” il lancio sul mercato, come gli ingegneri genetici amano affermare. Lì avrebbero potuto dimostrare la diversità e l’efficacia dei loro prodotti già da tempo, ma è proprio lì che hanno fallito ancora una volta (vedi sotto). Fino a poco tempo fa, c’erano ancora tre colture “geneticamente modificate” che avrebbero dovuto essere disponibili per gli agricoltori come prodotti deregolamentati. Di queste, dopo 15 anni di sviluppo e milioni di dollari di costi, è stato possibile trovare solo una pianta prodotta con i metodi CRISPR per di più non a sviluppo veloce né economica. Si tratta di

un pomodoro con presunte proprietà di abbassamento della pressione sanguigna, cosa non assolutamente provata, così come la sua coltivazione (non ci sono dati sulla superficie e sulla produttività)<sup>10</sup>. Il precedente elenco delle tre presunte colture GM “geneticamente modificate” si è ridotto a questo solo pomodoro – e se anche questo pomodoro ha fallito sul mercato, non rimane proprio nulla. Vorremmo tracciare brevemente il percorso della bocciatura delle altre due piante “geneticamente modificate” (non CRISPR) – dopotutto, prodotti noti i cui semi alcuni operatori hanno dimostrato di avere in mano – perché evidenziano problemi fondamentali.

**Colza geneticamente modificata** resistente agli erbicidi (ODM17 SU Event 5715) dell’azienda Cibus. Cibus ha lanciato queste varietà di colza cinque anni fa con un comunicato stampa del 31 gennaio 2019: “Cibus, leader nelle tecnologie avanzate di selezione delle piante, ha annunciato oggi il lancio del suo nuovo marchio di sementi Falco™, offrendo ai coltivatori di colza del Nord America quattro nuove varietà di colza per la stagione di crescita 2019, con ulteriori varietà previste per la prossima stagione”. Si spiega inoltre: Cibus “... sta sviluppando una serie di caratteristiche vantaggiose per altre colture da autorizzare, tra cui una migliore qualità dell’olio, la resistenza alle malattie e la tolleranza agli erbicidi”<sup>11</sup>. Cibus ha creato piattaforme vegetali per colza, riso, lino e patate e sta attualmente sviluppando piattaforme per grano, mais, soia e arachidi.

Oggi, a distanza di cinque anni, sull’attuale sito web di Cibus non c’è più alcuna menzione di queste varietà di colza GM lanciate con grande clamore, e nessuno dei siti web “Falcoseed” elencati all’epoca funziona ancora. Tutto ciò che si può ancora trovare sul sito web di Cibus sulla colza GM con tolleranza agli erbicidi è: “Abbiamo iniziato a lavorare sul nostro tratto di resistenza agli erbicidi nella colza (HT2); la conferma del tratto in serra è in corso”<sup>12</sup>.

9. Modrzejewski et al., *What is the available evidence for the range of applications of genome-editing as a new tool for plant trait modification and the potential occurrence of associated*

*off-target effects: a systematic map*, Environ Evid 8, 27, 2019.

10. *Neue gentechnische Verfahren: Kommerzialisierungspipeline im Bereich*

*Pflanzenzüchtung und Lizenzvereinbarungen* (PDF, 11.01.2022). <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/publikationen-stu-dien/studien.html>

11. <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/91103/eib-204.pdf?v=5455.2>

12. <https://www.cibus.com/productivity-traits.php>

In altre parole, siamo tornati in laboratorio e in serra con linee completamente nuove. Non è stato possibile reperire alcun dato o informazione sulla posizione delle precedenti varietà di colza HT “genome-edited”, sulla loro redditività economica e produttività sul campo e sul raggiungimento dei benefici promessi per gli agricoltori e per l’ambiente. Ciò significa che questa colza GM è di fatto fallita.

**Fagiolo di soia geneticamente modificato** (TA-LENS<sup>13</sup>) dell’azienda Calyxt. L’azienda ha lanciato sul mercato il suo primo prodotto, un seme di soia GM con un contenuto di acido oleico modificato, nel 2019/20. L’olio di soia doveva avere proprietà salutari simili a quelle dell’olio d’oliva<sup>14</sup> ed essere commercializzato come olio premium nel settore della ristorazione. Dopo appena un anno dall’arrivo sul mercato di questo fagiolo di soia geneticamente modificato, l’industria aveva già espresso il suo giudizio: il fagiolo di soia era fallito, senza troppi complimenti, e con esso il modello commerciale di Calyxt. Già nel dicembre 2020, l’azienda aveva annunciato: “Dopo quasi due anni di operazioni non redditizie, Calyxt ha deciso di abbandonare i suoi sforzi per commercializzare l’olio di soia HOS (high oleic soybean)” e proseguiva: “I ritardi nei progetti e la crescita più lenta del previsto sono incoerenti con il modello di business di CLXT, che prevede un ciclo di sviluppo rapido utilizzando nuove tecnologie di gene-editing”<sup>15</sup>. In quanto giovane *start-up* biotecnologica (il cui azionista di maggioranza è l’azienda francese di ingegneria genetica Cellectis), mancava di esperienza non solo nel settore agricolo. Calyxt “pagava agli agricoltori per coltivare i suoi semi più di quanto facesse pagare ai clienti per il proprio olio”. Calyxt pagava i premi agli agricoltori per migliorare i controlli di identità e consentire la tracciabilità del raccolto. La soia non ha semplicemente fornito i rendimenti previsti e non ha soddisfatto le aspettative degli agricoltori.

Ma le cose sono ancora peggiorate per Calyxt: nell’agosto del 2022, la società ha annunciato in una registrazione patrimoniale “che la direzione ha concluso che vi sono dubbi sostanziali sulla capacità della società di continuare a operare. Alla fine di giugno Calyxt disponeva di 11,9 milioni di dollari in contanti, sufficienti per sopravvivere fino all’inizio del 2023, ma prevede di subire perdite per diversi anni e avrebbe bisogno di ulteriori capitali”. La ricerca di investitori era iniziata o si rischiava il fallimento.

La soluzione è stata trovata nel gennaio 2023: Calyxt e Cibus informarono il mondo di voler fondere le loro due aziende<sup>16</sup>. Cibus rilevò di fatto Calyxt. Si trattava di una fusione tra le due aziende che erano naufragate con i primi prodotti “genomicamente modificati” mai commercializzati. L’azienda nata dalla fusione continua a inseguire investitori e clienti con annunci e promesse di prodotti sempre più grandiosi. Tuttavia, l’attenzione si concentra ora solo sulla produzione di “tratti”, ossia sequenze di DNA brevettate a cui vengono attribuite determinate caratteristiche/funzioni, completamente avulse dal contesto biologico, massimamente riduzionistiche, analoghe a mattoncini Lego che altre aziende (di sementi) possono acquistare e incorporare a piacimento nelle piante.

L’azienda non vuole più sviluppare autonomamente le sementi, a quanto pare l’unica lezione appresa dai fallimenti passati. “La visione di Cibus è quella di essere un puro sviluppatore di tratti. Un’azienda tecnologica che sviluppa tratti e li concede in licenza alle aziende sementiere in cambio di diritti di licenza. Cibus non si occuperà di sementi”<sup>17</sup>.

Questo obiettivo deve essere raggiunto con la cosiddetta “macchina per i caratteri”: “... un sistema di riproduzione di precisione *end-to-end* autonomo e semi-automatico che è limitato nel tempo, riproducibile e prevedibile. La macchina per i

13. Transcript activator-like effector nuclease.

14. [https://www.oliveoiltimes.com/business/scientists-use-gene-editing-make-soybeans-](https://www.oliveoiltimes.com/business/scientists-use-gene-editing-make-soybeans-like-olives/61729)

like-olives/61729

15. <http://web.archive.org/web/20220120231259/https://seekingalpha.com/article/4394048-calyxt-to-ex->

it-farming-operations-and-focus-on-seed-science

16. <http://web.archive.org/web/20220120231259/https://seekingalpha.com/article/>

4394048-calyxt-to-exit-farming-operations-and-focus-on-seed-science

17. <https://www.nasdaq.com/market-activity/stocks/cibus>

caratteri è il primo sistema di sviluppo dei caratteri ad alta produttività (*gene editing*) del settore. Crediamo che questo sia il futuro dello sviluppo dei caratteri”. Tuttavia, gli investitori e gli operatori di borsa non sembrano credere a queste promesse. Le azioni della società risultante dalla fusione hanno continuato a oscillare su un minimo di meno di 20 dollari dopo la fusione. Rispetto al massimo storico delle azioni di Cibus, oltre 800 dollari nella primavera del 2019, si tratta di un vero e proprio crollo<sup>18</sup>.

### Osservazioni conclusive

In ognuno dei nostri esempi, troviamo individui che (inter)agiscono e traggono beneficio a livelli molto diversi: scienziati che diventano imprenditori, dottorandi che lavorano sia come intellettuali finanziati con fondi pubblici sia come responsabili della ricerca e dello sviluppo dei prodotti; capitalisti di ventura che si fidano delle promesse di *disruption* tecnica da parte di scienziati rispettati; il regolatore, combattuto tra il suo ruolo di promotore (nell’interesse nazionale) e di cane da guardia (anch’esso nell’interesse nazionale); lo Stato e l’organizzazione multilaterale, che credono solo a chi promette loro futuri benefici economici, o il piccolo investitore online che non è consapevole delle contraddizioni e delle complessità scientifiche fondamentali e tuttavia gioca alla roulette dei prezzi delle azioni. Tutti questi attori sono uniti in un collettivo che, nel suo insieme, tende a mantenere la promozione della biotecnologia e dell’ingegneria genetica senza prestare molta attenzione alle conseguenze, a parte le opportunità di profitto a breve termine.

Guardando al contesto storico, il processo è chiaro, ma per l’ingegneria genetica la storia si è evoluta da un concetto tecnico di vita che era

“troppo bello per non essere vero” in una direzione inaspettata, verso un edificio illusorio che ora è diventato un gigante fasullo apparentemente “troppo grande per fallire”, pur essendo costruito su una sabbia in erosione. Per distrarre da tutto ciò e dalle promesse di successo non mantenute, le promesse esagerate devono diventare sempre più audaci, in modo che gli enormi investimenti nella speranza di soluzioni genetiche magiche (di solito senza rimediare alla causa degli insuccessi) continuino a fluire e i fornitori di capitale e gli attori descritti sopra non inizino a riflettere.

Perché così tanti biologi molecolari, inclusi premi Nobel di alto profilo<sup>19</sup> non possono sbagliarsi, vero? Sì che possono! E questo non è affatto nuovo nella storia della scienza. Ma ogni volta che un errore di concetto o di metafora, come quello di “gene = codice”, è accompagnato da una grande ricchezza e da un enorme potere, allora non resta che un’autodifesa guidata dagli interessi e allo stesso tempo fondata su dogmi contro le confutazioni, come ha già descritto il filosofo della scienza Thomas Kuhn nel suo libro *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*. Un argomento su cui Galileo potrebbe avere qualcosa da dire<sup>20</sup>. C’è quindi da temere che quest’era continui ancora per un po’, almeno finché ci si può diventare ricchi. A ciò dovrebbe contribuire anche la deregolamentazione in corso di queste (non più) nuove tecnologie genetiche nell’UE. Non resta che sperare che prima o poi qualcuno faccia un calcolo di ciò che è effettivamente accaduto agli esorbitanti investimenti, e che a quel punto qualcuno degli organismi geneticamente modificati sperimentali non sia diventato indipendente e abbia involontariamente avuto un tale successo evolutivo da innescare una catastrofe ecologica. Perché nessuno ne risponderebbe e tutti ne pagheremmo le conseguenze. ●

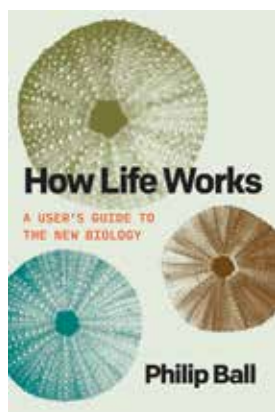
18. <https://www.nasdaq.com/market-activity/stocks/cbus>

19. <https://www.eureporter.co/health/2024/02/06/give-genes-a-chance-over-1000-scientists-in-14-countries-demonstrate-in-support-of-gene-editing/>

20. Si veda [www.nature.com/articles/d41586-024-00327-x](http://www.nature.com/articles/d41586-024-00327-x)

**Philip Ball**  
*How life works*

University of Chicago Press, Chicago, 2023



In mezzo al guado è forse l'espressione che meglio riassume lo stato attuale della discussione epistemologica sulla biologia del XXI secolo. Alle spalle, la riva di provenienza con un secolo abbondante di successi impressionanti, sostenuti da uno schema teorico di riferimento, un vero e proprio paradigma nel senso kuhniano indicato per brevità come Sintesi Moderna (SM). Grazie a quei successi, la SM è andata continuamente affinandosi fino a diventare una interpretazione unitaria, razionale, elegante dei fenomeni della vita, in grado di spaziare dai fenomeni evolutivi fino agli aspetti submolecolari del metabolismo cellulare. Al di là del guado, la riva opposta è misteriosa, forse neanche troppo invitante per chi è assuefatto alle comodità di una teoria scientifica di successo, garantita da una rigorosa logica interna, ottimamente predisposta alla trattazione manualistica così come alla divulgazione e per di più in grado di promettere ulteriori sviluppi. Allora perché avventurarsi verso l'ignoto?

Il libro di Philip Ball *How life works* offre una risposta a questa domanda, anche a chi non fosse convinto che scopo della ricerca scientifica sia esplorare l'ignoto piuttosto che adagiarsi sulle conoscenze acquisite. Ball comincia a tirare le fila di un pluridecennale accumulo di ricerche scientifiche i cui risultati sono difficilmente compatibili, o addirittura incompatibili, con la SM. Operazione che Ball compie da una posizione allo stesso tempo privilegiata e distaccata. Privilegiata, perché Ball è stato per venti anni redattore della rivista *Nature*, con la quale an-

cora collabora, e ha regolarmente partecipato alle riunioni settimanali di redazione nel corso delle quali si valutavano gli articoli da pubblicare. Distaccata, perché Ball, laureato in chimica e addottorato in fisica, ascoltava con curiosità inizialmente profana e poi sempre più smaliziata gli articoli proposti dai suoi colleghi biologi. Numerosi articoli riguardavano la scoperta che determinati geni svolgono anche ruoli diversi da quello fino ad allora attribuito loro, in contrasto con l'intuizione, data per scontata, che ciascun gene esercitasse un proprio specifico ruolo nel metabolismo cellulare. Altri articoli riportavano che l'inattivazione di un gene, già individuato come costitutivo, permetteva comunque il completamento, spesso regolare, dello sviluppo embrionale. Altri ancora mettevano in luce come lo sviluppo del piano corporeo dei metazoi dipendesse prevalentemente da gradienti di morfogeni biochimici fortemente influenzati dalle caratteristiche ambientali e da vincoli strutturali, piuttosto che da un progetto trasmesso ereditariamente dai geni. Si trattava di dati che mettevano in luce frequenti bizzarrie e inconsistenze con il modello della SM, secondo il quale uno specifico programma codificato nei geni è rigorosamente attuato attraverso precisi processi metabolici. Allorché Ball chiedeva ai colleghi biologi che cosa tutto ciò significasse, si sentiva rispondere che non ne avevano idea. Forse la proverbiale goccia che fa traboccare il vaso dello scetticismo nei confronti della SM può essere individuata proprio nel completamento del programma di ricerca più ambizioso sviluppato a coronamento della SM, cioè il Progetto Genoma Umano. Le seducenti aspettative di potere leggere il «libro della vita» di ogni specie e finanche di ogni organismo, con tutte le allettanti implicazioni riguardanti lo sviluppo di tecnologie biomediche, sono state in gran parte deluse dal risultato finale. Certo, si conosce la sequenza di 4,2 miliardi di basi che formano un tipico genoma umano, ma l'orgogliosa sicurezza con cui si intendeva porre in semplice relazione di causa-effetto questa sequenza con il metabolismo cellulare, la crescita dei tessuti, la formazione degli organi, fino allo sviluppo di un individuo è uscita piuttosto malconcia dalla prova dei fatti. *How life works* si apre con la circostanziata critica al modello dei fenomeni vitali sotteso alla SM, che li assimila oltre il dovuto al funzionamento

di macchine, meccaniche o elettroniche che siano, costruite dall'uomo. I capitoli successivi puntualizzano la difficoltà da parte della SM di rendere ragione di dati sperimentali che riguardano, in successione, il ruolo dei geni, la trascrizione dell'RNA, la struttura delle proteine, le reti di interazioni che consentono la regolazione genica, l'organizzazione cellulare, la costruzione dei tessuti, la realizzazione dei piani corporei. I tre capitoli finali tratteggiano una visione del funzionamento dei sistemi viventi basato sull'emergenza di nuove proprietà per ciascuno dei livelli di organizzazione, dalle molecole agli organismi, descritti precedentemente, con le conseguenti implicazioni per le strategie terapeutiche e per la realizzazione di forme sintetiche di vita. Ce ne è abbastanza per riflettere su un ripensamento epistemologico della biologia, forse addirittura su un cambio di paradigma disciplinare. Eppure, mentre le osservazioni critiche e i dati discrepanti con la SM si moltiplicano da decenni in tutti i campi della biologia, dal metabolismo cellulare ai processi evolutivi, una teoria alternativa capace di confrontarsi produttivamente con la SM stenta a essere non solo proposta, ma neanche abbozzata.

Chi scrive questa recensione individua due cause principali per questa difficoltà. La prima causa è che l'approccio della SM mostra ancora validità e che molte tecniche a essa ispirate continuano a rivelarsi efficaci. Per esempio, le relazioni filogenetiche stabilite seguendo il modello dell'evoluzione molecolare, con il sequenziamento del DNA e il raffronto di tratti omologhi di specie diverse, appaiono convincenti, anche alla luce di quanto acquisito attraverso indagini indipendenti di comparazione citologica e anatomica, di ricerca paleontologica, di studi biogeografici. Così come, all'estremo dimensionale opposto, le tecniche CRISPR ottengono spesso (ma non sempre!) risultati coerenti con le premesse teoriche che li guidano. Ci si potrebbe legittimamente domandare se i dati critici per la SM ne indichino l'incompletezza, un po' come era accaduta a inizio Novecento con la teoria evolutiva darwiniana, e indirizzino pertanto verso un'estensione della teoria, ma non verso il suo ripudio. Oppure, all'opposto, non ci si trovi in una situazione analoga a quella della teoria tolemaica, che partiva da premesse teoriche errate ed era però capace, grazie a encomiabili sforzi di calcolo (e di fantasia), di prevedere lo

svolgimento di molti fenomeni celesti. Se lo *status* epistemologico della SM fosse più simile a quello della teoria tolemaica nel primo Rinascimento che a quello della teoria darwiniana a inizio Novecento, una sostituzione sarebbe, per quanto faticosa e travagliata, inevitabile. La seconda causa è di ordine più generale. Per chiarirla, partirò da come Ball affronta il problema della definizione di vita, proponendo di individuarla nella caratteristica della agentività, cioè la capacità di agire attivamente sull'ambiente e/o su se stessi con il fine di ottenere uno scopo, per esempio allontanare un pericolo o una condizione sgradevole; oppure, viceversa, avvicinare e sfruttare una fonte di sostentamento. La biologia novecentesca ha comprensibilmente tenuto a distanza ogni nozione di scopo, considerandola evocativa di quelle concezioni vitalistiche il cui superamento era stato condizione indispensabile per aprire la strada ai progressi delle scienze della vita. Una diffidenza che non si è certo indebolita nel tempo a causa della persistente e stucchevole insistenza con cui le teorie creazioniste individuano in ogni manifestazione della vita un preciso scopo all'interno di un superiore disegno intelligente. I retaggi di una contraddizione antistorica, ma ancora esacerbata da irriducibili frange antiscientifiche, sembrano invitare a una prudente attesa i biologi che intravedono la riva oltre il guado, ma non sono sicuri di avere individuato il percorso migliore per giungervi.

Sebbene ogni circospezione sia comprensibile, comincia a diventare irrinunciabile il superamento del rigido modello gerarchico con i geni, entità biologiche la cui definizione diventa sempre più sfuggente, al vertice di una catena di comando unidirezionale che orchestra il metabolismo cellulare in modo rigorosamente predeterminato. Le cose si stanno rivelando molto più complesse e, anche se ci appaiono disordinate, dobbiamo, come ci invitava a fare Marcello Buiatti, abituarci a considerare questo disordine come benevolo e intrinsecamente legato ai fenomeni della vita. La lettura del libro di Ball, al momento in cui questa recensione è scritta non ancora pubblicato in italiano ma probabilmente in corso di traduzione presso qualche casa editrice, è un valido aiuto ad abbandonare nostalgie del secolo scorso, almeno per quanto riguarda la biologia.

Fabio Fantini

# uno scatto alla natura

## Fly attack!

testo e foto di Marco Bondini



**Fotocamera: Olympus OM-D E-M1 II, Obiettivo: Olympus M.Zuiko Digital ED 60mm f/2.8 Macro**  
**Dati di scatto: 1/250 sec f/8.0, ISO 500, flash anulare**

Vi è mai successo di scattare una foto con la convinzione di aver fissato una immagine ben precisa, per poi accorgervi che il risultato non è quello sperato? Ciò dipende dal fatto che il cervello umano è selettivo ed elimina automaticamente gli elementi di disturbo. L'obiettivo della fotocamera invece è impietoso e cattura tutto ciò che si trova all'interno del suo angolo di campo.

Questa proprietà talvolta si trasforma in un inopinato vantaggio, perché ci permette di riprendere soggetti che altrimenti avremmo ignorato. È il caso della foto che vi sto per raccontare.

Tempo fa la mia attenzione fu attirata da una colonia di grosse formiche *Camponotus vagus* che erano indaffarate a ripulire il formicaio. Il viavai era incessante e ogni formica arrivava all'uscita della colonia con un grosso carico di detriti da scaricare. Mi sembrò interessante documentare il loro lavoro. Scattai perciò molte foto cercando di riprendere tutte le fasi della loro attività. Tornato a casa, guardando le immagini sullo schermo del PC notai con grande sorpresa che avevo immortalato anche dei minuscoli ditteri lunghi circa un millimetro, invisibili ai miei occhi.

In ogni foto si vedeva chiaramente che volavano senza perdere di vista le formiche.

Questi ditteri appartengono alla famiglia dei Foridi (*Phoridae*<sup>1</sup>).

Le specie appartenenti al genere *Pseudacteon* sono le più note tra i foridi e le più studiate, perché sono le antagoniste della famigerata *Solenopsis invicta*, detta Formica di Fuoco. Vengono dette “Ant decapitating flies” a causa della particolare modalità con cui si sviluppano: l’uovo viene depositato sul corpo della formica; la larva appena nata si insinua nella sua testa e ne modifica il comportamento. La formica è indotta ad abbandonare la colonia e a raggiungere un luogo che ha caratteristiche idonee alla sopravvivenza della larva. Nella fase successiva la larva uccide la formica, ne stacca la testa e si trasforma in pupa al suo interno<sup>2</sup>.

Tornando alla nostra foto, per identificare il foride sarebbe necessario analizzare l’esemplare al microscopio. Pertanto per ora ragioniamo solo su delle ipotesi. Considerando che la formica ospite è *Camponotus vagus*, una buona candidata come

specie potrebbe essere *Microselia southwoodi*<sup>3</sup>, di cui solo recentemente è stata segnalata la presenza in Italia<sup>4</sup>.

Non si conosce molto della biologia di questa specie. José María Gómez Durán ha descritto in un suo studio la tecnica che questo dittero utilizza per deporre le uova. Sappiamo che *Microselia southwoodi* sorvola la formica tenendosi alla larga dalle sue mandibole, si posiziona sulla parte inferiore dell’addome e con il suo ovopositore deposita un uovo sul primo segmento addominale<sup>5</sup>. Le successive fasi dello sviluppo della larva sono ignote. Sarebbe interessante verificare se anche il foride ripreso nello scatto, come gli *Pseudacteon*, riesce a controllare il comportamento della formica, entrando a far parte a pieno titolo della categoria degli “Ant decapitating flies”.

Nell’attesa della pubblicazione di ulteriori studi continuerò ad osservare le colonie di *Camponotus vagus* e cercherò di documentare, questa volta in modo non involontario, le complesse interazioni tra le formiche e questo minuscolo dittero. ●



**Altri due scatti all'attacco dei foridi (foto di Marco Bondini)**

1. Disney RHL, *Scuttle Flies: The Phoridae*, Dordrecht, Springer Netherlands, 1994. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1288-8>

2. Johnson S, *Zombie Fire Ant Workers: Behavior Controlled by Decapitating Fly Parasitoids*, gennaio 2020.

[https://www.academia.edu/76042959/2007\\_Zombie\\_fire\\_ant\\_workers\\_behavior\\_controlled\\_by\\_decapitating\\_fly\\_parasitoids](https://www.academia.edu/76042959/2007_Zombie_fire_ant_workers_behavior_controlled_by_decapitating_fly_parasitoids)

3. Disney RHL, *Revisionary Notes on European Phoridae (Diptera)*, s. d.

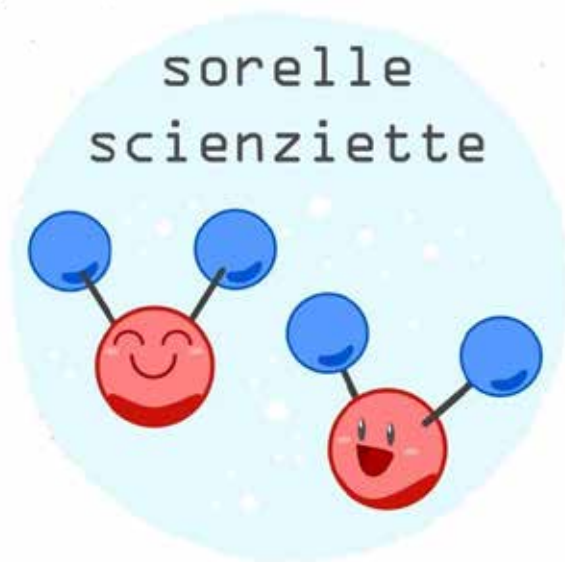
4. Carles-Tolrà M, Cordero Ri-

vera A, *Primera cita de Microselia southwoodi Disney para Italia (Diptera, Phoridae)*, s. d.

5. Gómez Durán JM, *Phorid flies in a fallen tree trunk. Microselia southwoodi Disney (Diptera, Phoridae): first record for Spain and notes on its oviposition behaviour / Mos-*

*cas fòridas en un árbol caído. Microselia southwoodi Disney (Diptera, Phoridae): primera cita para España y notas sobre su comportamiento ovipositor*, 1 dicembre 2012.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1308.1680>



Dal numero precedente, la rivista *NATURALMENTE Scienza* si avvale della collaborazione di due giovani sorelle, Lucia e Margherita Duca, alias “le Scienziette”. Lucia è ricercatrice in un ente pubblico di ricerca scientifica in Italia mentre Margherita presso un’industria farmaceutica privata in Olanda. Grazie a loro proponiamo una rubrica agile, condotta anche sul filo dell’ironia, dedicata a temi di attualità nel dibattito pubblico sulla scienza. Gli argomenti proposti dalle Scienziette sono ripresi, rivisti e aggiornati da una serie di podcast diffusi in rete. Il contributo delle Scienziette offre un punto di vista documentato e autorevole, presentato con linguaggio colloquiale e accattivante.

In questo numero proponiamo un loro intervento su un tema che – pur trattato con la consueta leggerezza – offre uno spunto di riflessione generale stimolante e importante.

### Che cos’è “naturale” e che cos’è “artificiale”?

Una cosa sconcertante nelle persone non preparate in campo scientifico è la confusione, banalizzazione e generalizzazione dei termini “naturale” e “artificiale”.

È diffuso senso comune che un certo prodotto, mettiamo la vitamina C, non è lo stesso composto se è ottenuto da una fonte naturale o se è prodotto in laboratorio. La preferenza accordata al prodotto “naturale” riflette probabilmente diffidenza nei confronti dell’operato umano e ha fonti distanti nel tempo: la chimica è stata a lungo denigrata come disciplina scientifica responsabile dell’inquinamento, della elaborazione e produzione di armi di distruzione di massa, ecc. Ma la chimica è ben altro, e se tali orribili impieghi sono stati fatti, la colpa è solo degli individui che hanno avuto il potere di utilizzare in quel modo conoscenze frutto di quella grande impresa sociale che è la scienza. Tra parentesi, quasi mai quegli individui sono scienziati, se guardate alla storia.

Ma torniamo alla vitamina C. Ecco, che venga estratta dalla bella arancia Tarocco di Sicilia, o meglio assorbita tal quale da una fresca spremuta, oppure assunta – gli stessi 40 mg circa, più o meno metà del fabbisogno quotidiano – da una pillolina fabbricata da un’industria farmaceutica, poco importa. La sostanza è la stessa, *identica*: vitamina C. Perché identica è la struttura molecolare. È assolutamente la stessa. Non ha senso definire la vitamina C dell’arancia come “naturale” e la vitamina C dell’integratore come “artificiale”, perché sono entrambe... solo vitamina C! È la stessa identica cosa, le due molecole sono indistinguibili. Anzi, probabilmente se la mettiamo sul piano della “purezza”, cioè quanto la molecola è priva di qualsiasi contaminante o impurità, vi sfidiamo ad estrarre dalla vostra arancia vitamina C più pura di quella presente nella pillola.

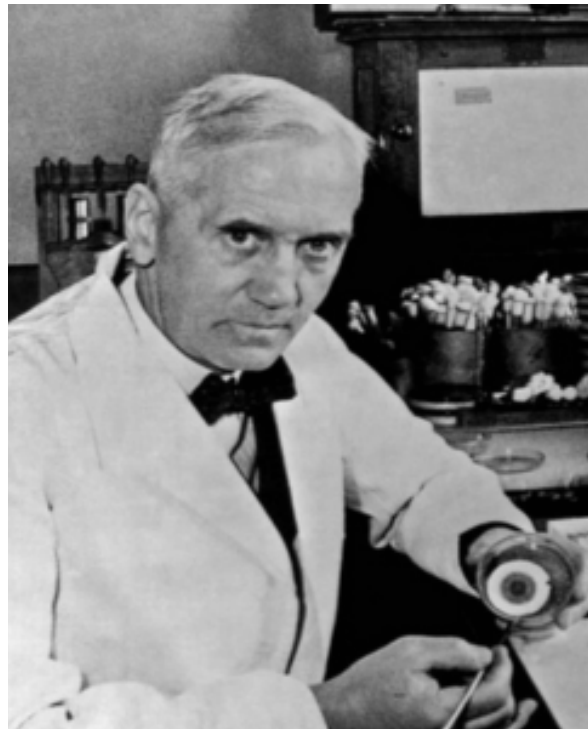
Il concetto di “naturale” in chimica non è il concetto di naturale che ha ogni altro comune mortale. Perché la linea che distingue naturale e artificiale in chimica è molto sottile. Infatti siamo diventati molto bravi, noi uomini, a fare il lavoro che fa Madre Natura. E allora, se sono capace di fare ciò che fa la natura, sto creando qualcosa di naturale o di artificiale? Ecco... qui sta l’inghippo... Iniziate a capire di più il problema?

Entriamo più nello specifico. Il prodotto naturale in chimica è quel composto che esiste in natura perché prodotto dal metabolismo di un organismo. La sua esistenza ha un “perché”, deve servire a qualcosa per l’organismo che lo produce, altrimenti non si sprecherebbe energia a costruirlo, no? Per esempio, può

essere una sostanza efficace come difesa da altri organismi, come risorsa energetica, per rendere più ingannevole il mimetismo, ecc.

Prendiamo la penicillina. Come probabilmente molti di voi sanno già, la penicillina fu scoperta nel 1928 da Alexander Fleming, che aveva dimenticato una coltura batterica in alcune capsule di Petri e visto crescere attorno ad essa una muffa, nominata poi *Penicillium*. Si scoprì che tale muffa aveva la capacità di produrre un potente composto, la penicillina, appunto, che inibisce la proliferazione dei batteri e consente alla muffa di svilupparsi. La struttura della penicillina venne risolta (così diciamo quando si effettuano una serie di analisi fino a conoscere con certezza la formula e la esatta connettività strutturale di un composto ignoto) e più tardi la penicillina iniziò a essere commercializzata come antibiotico.

Questo è un esempio di prodotto naturale che ha origine da un organismo semplice e ha pertanto un enorme vantaggio rispetto a quello prodotto da organismi più complessi come piante o animali, ovvero il fatto di potere essere prodotto in grandi quantità in impianti relativamente piccoli e facili da allestire e gestire. Non a caso si parla di “colture” nelle biotecnologie. Organismi semplici possono essere coltivati in larga scala in fermentatori, facendo produrre loro enormi quantità di prodotto chimico di nostro interesse. I biotecnologi fanno paura in questo senso, perché trattano questi organismi letteralmente come schiavi, che accrescono fino a che sono utili e poi li distruggono. Un po' come allevare maiali, ma senza nessuna complicazione etica/animalistica, occupando meno spazio e risorse, inquinando meno.



Inoltre gli organismi semplici hanno una biodiversità enorme, ci sono tantissime specie diverse che producono un'enorme varietà chimica di sostanze. E chissà quanti ancora non ne conosciamo! Tutto ciò per dire che la penicillina può essere prodotta in grandi quantità dalla fermentazione di *Penicillium*, ottenendo circa 50 g di composto per litro di coltura (che è un'enormità), con circa il 90% di resa.

Ma non mancano esempi tra gli organismi superiori. Prendiamo le piante, in particolare la pianta del tasso del Pacifico, *Taxus brevifolia* nel linguaggio scientifico. La sua corteccia contiene un composto, il tassolo, utilizzato nella chemioterapia del cancro e commercializzato come paclitaxel. Il problema è che occorrono chili e chili di corteccia ed aghi per ottenere pochi grammi di composto. Capite che questo tipo di produzione non sarebbe sostenibile per produrre grandi quantità di paclitaxel, il risultato sarebbe una massiccia deforestazione.

E non parliamo dei composti naturali derivati dagli animali. Prendete la minuscola rana esotica *Epipedobates tricolor*, che produce e accumula nella pelle una molecola, l'epibatidina, le cui proprietà analgesiche sono duecento volte superiori a quelle della morfina. Ripeto, nella pelle. Quindi, quando chiedete di comprare un composto naturale e non artificiale, pensate che potreste star chiedendo di spellare una rana.

Qui entra in gioco la chimica! I chimici, specialmente i chimici organici, si sono inventati straordinarie tecniche di sintesi (che non significa riassumere, ma significa, in soldoni, fabbricare molecole in laboratorio: gli atomi e le molecole sono un po' come pezzi di Lego che sappiamo connettere nel modo opportuno anche senza vederli direttamente). Tutto ciò ha reso possibile la produzione di sintesi di com-

posti, per la cui disponibilità si sarebbe rischiato di intaccare il patrimonio animale o vegetale. Anche la semi-sintesi viene utilizzata: per esempio nel caso del tassolo, la cosa più efficiente è estrarre dall'albero in gran quantità non il composto finale, ma un intermedio molto più abbondante, cioè una molecola simile al tassolo ma non ancora tale, che necessita di una serie di modificazioni che i chimici possono fare avvenire in laboratorio con relativa semplicità.

E perché ci interessano così tanto i composti naturali? L'avrete capito, è perché hanno un enorme biodiversità e applicabilità, soprattutto in chimica farmaceutica. Moltissimi prodotti naturali sono infatti principi attivi di farmaci, o comunque molti farmaci sono stati elaborati come variazioni per rendere più efficaci o facilmente somministrabili composti bioattivi ottenuti da organismi presenti in natura. E questa "magia" dei prodotti naturali è ben nota, basti pensare alla medicina tradizionale che da lungo tempo utilizza in svariate applicazioni terapeutiche parti di piante o loro estratti.

Un altro "dono" dei prodotti naturali è quello della non ovvietà: si tratta di strutture molecolari il cui effetto metabolico non è intuibile direttamente, giusto osservandole. Generalmente si tratta anche di strutture piuttosto "fantasiose" nella loro architettura, e più una molecola è inusuale, più il chimico si diverte a trovare modi per ricostruirla. Talvolta si dispera anche, per completezza della descrizione. Però non si tratta di strutture ovvie, neanche nel senso che "guardandole" si possa dire: "Ah sì, questa probabilmente cura il cancro, quella lì è più il tipo di un antivirale". Il chimico deve prima testare ed osservare un certo fenotipo, che poi è semplicemente l'effetto biologico, per iniziare a capire su che cosa la molecola agisce davvero e per che cosa può essere utile. Solo dopo la molecola diventa "ovvia", cioè quando se ne scopre l'azione precisa a livello metabolico e si comprende che cosa fa ciascuno dei suoi atomi in quella precisa organizzazione e perché.

Da qui a dire che *tutti* i prodotti naturali sono miracolosi ce ne passa. Il fatto è che il mondo non è tutto bianco o tutto nero. Cultura e società ci hanno abituati all'equazione naturale = sano, buono e bello. E molte volte è così... ma non sempre, ecco. Penicillina, tassolo... sono stati buoni esempi. Ma prendiamo qualche altra molecola più controversa, per spiegare come l'accezione negativa o positiva venga dall'uso che si fa di questi composti, più che dal loro essere "molecole buone" o "molecole cattive" in assoluto. Prendiamo per esempio la mescalina, alcaloide psichedelico prodotto dalla pianta del peyote. Solo per il fatto che il suo consumo sia illegale, dovrete etichettarla come negativa. Potete considerarla negativa per i suoi effetti collaterali: nausea, vomito, allucinazioni sensoriali. Eppure senza la mescalina forse non avremmo avuto i Doors, dato che questo famoso gruppo musicale rock ha preso il nome da "Le porte della percezione", un saggio di Aldous Huxley sulle esperienze psichedeliche vissute grazie all'assunzione di mescalina. E, onestamente, a noi i Doors piacciono.

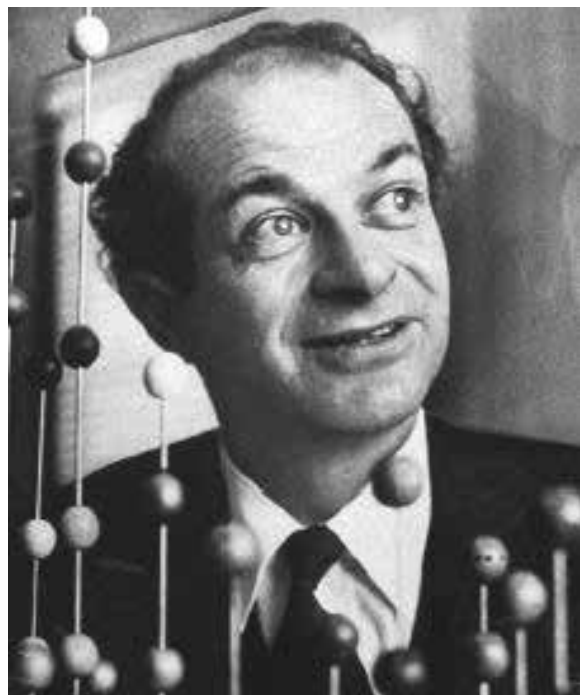


Un ulteriore esempio, ancora più pertinente ce lo offre la digitossina. La pianta della digitale produce questo glicoside conosciuto per la sua natura velenosa, ma allo stesso tempo curativa, dato che il composto è anche utilizzato in medicina per il trattamento di insufficienza cardiaca. La prima cosa che ti insegnano in un corso di chimica farmaceutica è che la dose fa il farmaco, principio che la digitossina illustra in modo esemplare. In piccole dosi, ha azione terapeutica; se si esagera, ci si resta secchi. La dose

letale minima è stimata attorno ai 3 mg. Una rapida ricerca su internet ci informa che la digitossina era l'arma utilizzata da un famoso serial killer del New Jersey, certo Charles Cullen, e anche che un tale otorinolaringoiatra tedesco l'aveva utilizzata per disfarsi della compagna, somministrandogliela per via rettale (che, insomma... forse è una parte della storia che avremmo preferito non sapere).

Il nostro consiglio è di essere sempre critici, e giudicare un qualsiasi composto bioattivo in termini di dose/effetto. Evitate di etichettare ogni cosa come “buono” o “cattivo”, come “giusto” o “sbagliato”. Anche solo il fatto che in inglese il termine “drug” significhi sia “farmaco” che “droga” aiuta a capire che non c'è poi molta differenza tra i due termini. L'italiano è bello perché è pieno di sfumature e di parole che hanno quasi lo stesso significato ma non proprio, quella stessa cosa lì ma con un'accezione diversa. Può essere che in questo caso il motivo per cui distinguiamo cose sostanzialmente uguali con parole diverse sia semplicemente socioculturale. Noi ci rifacciamo all'inglese, definendo più o meno tutto come droga, purché abbia un qualche effetto biologico. Per noi sono una droga il caffè, la cioccolata, l'aspirina, una bella Leffe bionda. Poi alcune creano dipendenza, altre meno, altre no...

Per chiudere il cerchio, una piccola storiella sulla vitamina C da cui abbiamo iniziato. Un famoso chimico, vincitore nientepopodimeno che di un premio Nobel per la Chimica e di un premio Nobel per la Pace, Linus Pauling, adorava questa molecola. Pauling è stato un genio indiscusso della chimica fisica e senz'altro gli siamo grati per i suoi studi sulla natura del legame chimico. Introdusse concetti come l'ibridizzazione orbitale, per cui non esisterebbe la chimica di oggi senza di lui. E forse, se si è tanto geniali in un settore, lì si dovrebbe restare a far genialate. Invece Pauling si spinse oltre e si interessò anche di campi di ricerca più affini alla medicina. Egli era convinto che la vitamina C avesse doti miracolose per la cura del cancro e dell'arteriosclerosi e ne assumeva circa 3 g (3000 mg, circa quaranta volte il fabbisogno giornaliero, e la dose in eccesso è eliminata attraverso l'urina!) al giorno come prevenzione del raffreddore. Seguirono intensi test clinici che non dimostrarono mai l'efficacia benefica nel tratta-



mento del cancro e la stessa Mayo Clinic, che condusse i test più tardi, definì le sue teorie come ciarlatanerie. Ah, e Linus Pauling morì di cancro alla prostata.

Quindi, impariamo a non etichettare tutto come “sostanza buona” o “sostanza cattiva”, ogni classificazione radicalmente dicotomica finisce con il rivelarsi problematica. Anche perché, quali sono le caratteristiche per cui definiamo una molecola come buona? Io direi che vanno presi in considerazione molti aspetti, a cominciare dalla sua utilità in medicina o anche in altri settori. Se si tratta di un farmaco, è importante la limitata manifestazione di effetti collaterali, così come la via di somministrazione, se invasiva o no. Poi ci sono fattori come la biosostenibilità, per cui sono da preferire quelle molecole la cui produzione e smaltimento non rechino danno all'ambiente.

*Lucia e Margherita Duca*

## La comprensione del testo: un processo complesso e sottovalutato

Understanding what you read is a complex skill, because it is the result of many closely connected operations. Each study subject is based on knowledge of the language, therefore teaching the Italian language is the task of all teachers. The results of the INVALSI tests highlight a very difficult situation that questions all citizens, starting with political decision makers.

Key words: *Reading, Understanding, Transversal linguistic education, Thinking models*

Lucrezia Pedrali

### Alcune premesse

“[...] l’educazione linguistica non è confinata nell’ambito della lingua come materia. La formazione nella/e lingua/e di scolarizzazione è necessaria in tutte le altre materie, che talvolta sono considerate, a torto, come materie ‘non linguistiche’ (mentre si tratta in effetti di materie con ‘contenuto non linguistico’). Le materie come la biologia, la storia, la matematica, l’educazione fisica ecc. richiedono delle capacità di comunicazione diversificate, quali ad esempio: leggere e comprendere testi informativi, la cui struttura varia spesso secondo la disciplina, ascoltare spiegazioni date dall’insegnante su argomenti complessi, rispondere a domande orali o scritte, presentare i risultati di una ricerca o di uno studio, partecipare a dibattiti su temi precisi”<sup>1</sup>.

La citazione afferma in modo diretto ed esplicito che nulla si può apprendere senza la mediazione linguistica e che la competenza linguistica relativa a ciascuna disciplina è parte integrante della disciplina stessa. La prima e più ovvia osservazione è che l’educazione linguistica non costituisce un oggetto formale di indagine di una specifica disciplina e quindi il richiamo alle comuni responsabilità nei confronti della lingua *non* suona come un generico appello alla buona volontà dei docenti, ma è la richiesta di specifico coinvolgimento di ciascuno nel perseguimento delle diverse abilità linguistiche.

L’insegnante di italiano ha responsabilità specifiche esclusivamente rispetto ad alcuni aspetti della competenza linguistica quali l’apprendimento delle abilità di letto-scrittura, l’individuazione e l’analisi delle tipologie testuali,



1. Coste D e altri, *Un Documento europeo di riferimento per le lingue dell'educazione*, Sette Città, 2007. Traduzione a cura di Calò R e Ferreri S, 2009.  
<https://rm.coe.int/16805a31e6>

l'apprendimento di tecniche di scrittura di testi, la riflessione linguistica, lo studio della letteratura. Di grande rilevanza sono gli esiti conseguiti dagli alunni dei vari ordini e gradi di scuola sottoposti alle prove INVALSI (anno 2023) e riportate nel rapporto di sintesi reperibile sul sito<sup>2</sup>. Sommarariamente i dati forniscono le seguenti indicazioni:

### **II primaria**

- In *Italiano* circa il 69% (era il 72% nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

- In *Matematica* circa il 64% (era il 70% nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

### **V primaria**

- In *Italiano* circa il 74% (era l'80% nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

- In *Matematica* circa il 63% (era il 66% nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

### **Scuola Secondaria Primo Grado**

- In *Italiano* circa il 62% (era il 61% nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

- In *Matematica* circa il 56% (era il 56% nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

- In *Inglese-reading* livello A2 80% (era il 78% nel 2022); in *Inglese-listening* livello A2 62% (era il 59% nel 2022)

### **Scuola Secondaria Secondo Grado**

- In *Italiano* circa il 51% (era il 52% nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

- In *Matematica* circa il 50% (stesso risultato nel 2022) raggiunge almeno il livello base delle competenze valutate

- In *Inglese-reading* livello B2 54% (era il 52% nel 2022); in *Inglese-listening* livello B2 41% (era il 38% nel 2022).

La lettura completa del rapporto permette di decostruire e comprendere i dati sopra riportati, ad esempio, fa risaltare con grande chiarezza l'ampio divario territoriale che contraddistingue dolorosamente la condizione della scuola nel nostro paese. Il rapporto evidenzia comunque una situazione che dovrebbe interrogare l'intero sistema scolastico e i decisori della politica scolastica. Le cause che determinano esiti non brillanti nel percorso scolastico di numerosi allievi sono molteplici e interessano vari ambiti, a partire dalla condizione familiare di provenienza per cui, secondo un rapporto Oece del 2022 "crescere in condizioni di svantaggio socio-economico ha effetti duraturi sulla vita dei bambini. I bambini provenienti da famiglie svantaggiate spesso rimangono indietro in molte aree del benessere e dello sviluppo, con effetti che continuano a limitare le loro opportunità e i loro risultati – compresi quelli relativi alla salute e al mercato del lavoro – anche molto tempo dopo il raggiungimento dell'età adulta".

Una ulteriore riflessione preliminare si riferisce alla necessità di porre attenzione alla questione della motivazione. Anche in questo caso, recenti studi sul cervello suggeriscono che apprendiamo e memorizziamo meglio le conoscenze quando esse ci emozionano, cioè ci coinvolgono in qualche modo<sup>3</sup>. Riconoscere e legittimare le ragioni emozionali non significa aprire lo spazio per l'ennesima educazione – quella emotiva/affettiva – da collocarsi tristemente accanto alle altre che ormai saturano e traboccano dai PTOF. Al contrario, si tratta di considerare l'idea che nella scuola non ci sono soltanto menti da istruire, bensì corpi incarnati con il loro portato di differenze, di istanze, di bisogni e di storie e che proprio il riconoscimento delle incarnazioni di ciascuno consente di costruire la classe come gruppo-comunità. Riconoscere le incarnazioni significa anche pensare agli alunni come portatori di storie di vita che si manifestano fisicamente attraverso il corpo, il quale,

2. <https://www.invalsi.it>

3. Matteoli M, *Il talento del cervello*, Venezia, Sonzogno, 2022.

quindi, non può essere relegato o pensato come legittimo solo nelle attività definite corporee o motorie. Il corpo è cognizione e affetti sempre, la componente emotiva non è residuale e interferisce costantemente nei processi di apprendimento. Anche l'insegnante, anzi, soprattutto l'insegnante, deve essere consapevole della sua dimensione emotiva e del peso che essa assume nella relazione con gli alunni e con la sua disciplina di insegnamento. Aldilà delle intenzioni e della pretesa di distinguere l'educazione dall'istruzione, le emozioni, i valori, i sentimenti, gli affetti si intrecciano con le conoscenze, le abilità, le competenze ed entrano direttamente nel processo di insegnamento/apprendimento e ne condizionano gli esiti. Non si tratta di enfatizzare uno psicologismo confuso e generico, ma di ammettere il bisogno di ripensare alla scuola e alla sua forma a partire dal riconoscimento del proprio sentire. Perché di senso si tratta, sia per chi insegna sia per chi apprende.

Isolando dalla complessità sopra evidenziata un singolo aspetto, fra le cause che contribuiscono alle fatiche di un percorso di apprendimento, come peraltro evidenziato dagli esiti delle prove Invalsi, vi è la difficoltà di comprensione di un testo scritto.

### Comprendere

Capire le parole è un'operazione di grande complessità. Il fatto che questa operazione, sin dalla primissima infanzia, venga compiuta con apparente facilità non significa che possa essere considerata come scontata e lineare. In realtà, ciò che viene inteso solitamente come operazione *elementare* e scontata, è il risultato di un intreccio di atti mentali complessi. Capire significa molte cose diverse e soprattutto è sempre la ricerca di soluzione di un problema: la ricostruzione del senso di un enunciato comporta la necessità di comprendere e integrare altri dati non linguistici e rinvia alle percezioni,

alla memoria, alle precedenti esperienze conoscitive del soggetto, alla sua vita. Operazione difficile e ampiamente sottovalutata nella pratica scolastica dove alla produzione linguistica si riserva tempo adeguato, ma scarsa attenzione ai meccanismi che generano la comprensione. Peraltro anche l'attività di produzione di testi dovrebbe diventare una pratica didattica intenzionalmente dedicata a favorire la comprensione di un testo scritto. Se il compito di insegnare/apprendere le regole di scrittura di un testo è affidata all'insegnante di lingua italiana, ogni disciplina può diventare oggetto di produzione testuale. In particolare, considerata la difficoltà nella comprensione di testi discontinui o misti, appare molto utile proporre la scrittura di tipologie testuali differenti. La frequentazione di testi discontinui e la loro transcodifica nel linguaggio verbale sono operazioni di grande rilevanza sul piano cognitivo e linguistico. Trasformare un testo in mappa e poi verbalizzare la mappa, tradurre verbalmente il contenuto di una tabella o di un istogramma, descrivere il contenuto di una foto, interpretare linguisticamente una formula sono attività complesse che implicano una serie di operazioni cognitive e linguistiche importanti. L'idea che la scrittura a scuola sia essenzialmente legata alla invenzione creativa (il tema), o comunque connessa solo alle lezioni di italiano, ha generato qualche fatica nella comprensione, soprattutto di



testi scientifici. La scrittura si collega alla comprensione del testo perché esige una organizzazione e una gerarchizzazione delle informazioni e contribuisce a costruire le caratteristiche del lettore competente.

Senza entrare nel merito delle differenti tipologie testuali, vale la pena sottolineare che esiste una importante distinzione fra testi che richiedono una forma di pensiero piuttosto che un'altra. Nel suo libro dedicato al pensiero narrativo, lo psicologo Andrea Smorti<sup>4</sup> sintetizza efficacemente la distinzione fra pensiero narrativo e pensiero paradigmatico. Il pensiero paradigmatico (o logico-scientifico) è libero dal contesto, viene validato dalla falsificazione, costruisce leggi universali, è estensionale; il pensiero narrativo è tipico del ragionamento quotidiano, è sensibile al contesto, è validato in termini di coerenza, costruisce storie, è intenzionale. Non sono forme di pensiero in opposizione l'una all'altra escludendosi reciprocamente, ma due pensieri diversi che si integrano e che concorrono alla formazione complessiva della mente. La pluralità delle proposte sia di lettura che di scrittura fornisce elementi fondamentali alla costruzione delle capacità di comprensione descritte da Renzo Titone, linguista, esperto in particolare del bilinguismo precoce: “[...] sostanzialmente sono tre gli elementi fondamentali che interagiscono a livelli diversi nella comprensione: le conoscenze di base [...], il contesto di situazione e il testo linguistico. Le conoscenze di fondo includono una specifica conoscenza dell'argomento, una conoscenza del mondo, una conoscenza delle regole di interazione sociale e della struttura del discorso [...]. Il contesto include la situazione spazio temporale e personale-sociale dei soggetti (età, sesso, esperienze, ruolo, intenzioni, ecc.). Il testo include la natura della lingua nei suoi aspetti fonologici, morfosintattici, lessicali e semantici, la coesione lessicale e grammaticale del testo stesso, la struttura dei

dati informativi, ecc... Dalla interazione di questi tre gruppi di elementi, il lettore diviene capace di comprendere e utilizzare ciò che è compreso, di convertire le parole in concetti, di capire non soltanto ciò che è scritto ma anche ciò che è significato. Vari processi cognitivi sono implicati in tale attività interiore: predizione, inferenza, completamento, verifica, selezione, accertamento di ipotesi, scoperta, ecc. Le micro-abilità sono numerose e difficilmente classificabili”<sup>5</sup>.

### Il testo

Nella concezione più tradizionale, la comprensione è intesa come un processo di astrazione del significato posseduto dal testo e “ricevuto” dal lettore, quasi passivamente. Le recenti acquisizioni dovute allo sviluppo delle neuroscienze hanno evidenziato invece come il comprendere sia una interazione complessa che si stabilisce tra chi legge, le cose che vengono lette e come sono scritte e che il lettore deve poi ricondurre alla sua consapevolezza, in un'operazione attiva e intenzionale. Comprendere significa quindi connettere le nuove informazioni contenute in un testo alle conoscenze già presenti nella mente del lettore stabilendo una relazione fra il lettore e il testo.

In questa relazione intervengono numerose variabili dovute sia alle caratteristiche del testo sia alle caratteristiche del lettore. Un testo può essere più o meno difficile dal punto di vista lessicale, dal punto di vista morfosintattico, dalla esplicitazione dei legami logici fra le frasi, dalla struttura più o meno facile da identificare. Nel quadro di riferimento delle prove INVALSI di matematica, a proposito della formulazione linguistica dei quesiti, si legge: “Le domande sono costruite con l'obiettivo di essere chiaramente comprese nel loro scopo. Per questo è posta un'attenzione particolare ai diversi aspetti della loro formulazione linguistica: in questo modo si cerca di evitare che una non necessaria difficoltà

4. Smorti A, *Il pensiero narrativo*, Firenze, Giunti, 1994.

5. Titone R, *Bilinguismo precoce ed educazione bilingue*, Roma, Armando ed., 1972.

di tipo linguistico renda meno precisa l'informazione restituita relativa alla competenza matematica". Cioè, per comprendere le consegne dei quesiti di matematica, come delle altre discipline, è necessario possedere una buona competenza linguistica. E questo pone interessanti questioni. Senza entrare nel merito degli aspetti teorici che analizzano le interazioni fra la "lingua comune" e "lingua specialistica" (ma in sede di analisi teorica si potrebbe parlare di macrolingua e microlingue) risulta evidente che la lingua comune fornisce alle diverse lingue disciplinari le parole, che depurate dagli elementi connotativi diventano "termini", le regole morfosintattiche, le strutture del discorso che le rendono comunicabili.



### Il lettore

Le variabili che si riferiscono al lettore sono molteplici, spesso intrecciate e separabili solo per esigenze descrittive; sono costituite dalla abilità di decodifica, dalle conoscenze preesistenti, dalle tecniche di lettura, dalle competenze cognitive, dalle capacità di metacognizione. Le conoscenze preesistenti riguardano tutto lo sviluppo linguistico dell'alunno: il suo vocabolario più o meno ampio, un linguaggio più o meno strutturato dal punto di vista morfosintattico, tutte le conoscenze acquisite nel proprio contesto di vita, le conoscenze acquisite nel percorso scolastico, l'esposizione a una lingua più o meno significativa e ricca di stimoli.

A questo proposito è opportuno introdurre una riflessione in ordine alla necessaria attenzione ai processi di comprensione da parte di alunni non italofoni e in fase di acquisizione/apprendimento dell'italiano come seconda lingua. Le indagini sulla situazione scolastica di questi alunni hanno rilevato che molti di loro acquisiscono tratti superficiali della L2 (fluidità nella comunicazione orale e fonologia corretta), ma faticano nella comprensione di testi sia narrativi che di studio.

Tali fatiche sono da ricondursi quasi sempre a fattori di ordine culturale e linguistico e non a disagi di ordine cognitivo. Lavorare all'interno di un sistema culturale differente da quello d'origine rende difficile, e comunque non automatico, identificare i nodi critici posti dai testi o da altri materiali utilizzati a scuola. L'attenzione alla comprensione non può quindi centrarsi esclusivamente su questioni di tipo linguistico o cognitivo, ma deve fare riferimento anche alla stretta relazione esistente fra lingua e cultura.

Una variabile significativa per quanto riguarda la comprensione dei testi è data dalla abilità di lettura come decifrazione dei grafemi e della loro trasformazione in fonemi. "La decodifica fonologica delle parole è la tappa cruciale della lettura. [...] decodifica e comprensione vanno di pari passo: i bambini che sanno leggere meglio le parole e le pseudo parole sono anche quelli che comprendono meglio il contenuto di una frase o di un testo. [...] la comprensione comunque passa prima di tutto attraverso la fluidità della decodifica. Quanto più velocemente questa tappa è automatizzata, tanto più il bambino riesce a concentrarsi sul significato del testo"<sup>6</sup>.

6. Dehaene S, *I neuroni della lettura*, Milano, Raffaello Cortina editore, 2007.

Gli sviluppi delle neuroscienze forniscono indirettamente indicazioni su come procedere nell'insegnamento/apprendimento della lettura, ad esempio sconfessando il metodo "globale" molto seguito a partire dagli anni settanta e poi progressivamente abbandonato. Nello stesso tempo sono state ampiamente indagate anche difficoltà specifiche dell'apprendimento, la dislessia, ad esempio, che comporta fatica e carenza nella decodificazione dei testi e, solo in conseguenza, difficoltà di comprensione.

Per poter comprendere un testo non è sufficiente possedere un'adeguata abilità di decifrazione. Ogni parola decifrata deve poi essere associata a informazioni grammaticali e semantiche depositate nel nostro cervello. Solo quando questa associazione si stabilisce possiamo parlare di comprensione, cioè di attribuzione di significato a ciò che viene letto. L'ampiezza del vocabolario posseduto dal lettore, la sua conoscenza delle varie forme di costruzione della frase, la comprensione di particolari subordinazioni sono elementi decisivi per la comprensione di un testo. I prerequisiti che il lettore deve possedere per capire una pagina scritta si compongono quindi di competenze tecniche, competenze semantiche, competenze sintattiche, competenze testuali.

Anche l'atteggiamento di fronte al testo costituisce una variabile importante. Una lettura efficace richiede intenzionalità, motivazione e attuazione di strategie che devono essere apprese. Nel testo devono essere riconosciuti molti aspetti. Nella pratica didattica tutti gli insegnanti hanno verificato la differenza tra la comprensione di un testo da loro letto e lo stesso testo letto autonomamente dagli alunni. La lettura dell'insegnante aiuta la comprensione perché risolve tutti i problemi "tecnici" e della prosodia, diventa significativa nel fornire indicazioni circa lo scopo comunicativo e facilita anche la comprensione inferenziale. Ma un lettore autonomo deve avere la possibilità di

porre attenzione a tutti questi aspetti, riconoscere quando fermarsi, ritornare a rileggere, fare ipotesi sul testo e porsi interrogativi sul significato.

I processi cognitivi interessati nell'attività di comprensione sono numerosi e interdipendenti e particolare rilevanza assume la memoria di lavoro, che è la facoltà di mantenere nella mente le informazioni sulle quali stiamo operando. "La memoria di lavoro oltre a immagazzinare informazioni per un breve intervallo di tempo è in grado di eseguire compiti cognitivi su di esse. La memoria di lavoro è costituita da una serie di processi in grado di raggiungere un obiettivo, come risolvere un calcolo mentale, comprendere una frase [...]. Poiché è collegata a numerosi processi cognitivi quali l'attenzione, il controllo degli impulsi, l'archiviazione, il monitoraggio e l'organizzazione delle informazioni, coinvolge numerosi circuiti cerebrali in parallelo"<sup>7</sup>. Essa permette di mantenere presenti le informazioni significative rispetto al compito di comprensione e di eliminare quelle irrilevanti, giocando un ruolo fondamentale nell'apprendimento, perché consente di utilizzare le nuove informazioni per connetterle a quanto già appreso e per organizzarle nei concetti.

Diventare consapevoli delle proprie modalità di lettura, delle strategie messe in atto per comprendere un testo scritto implica anche lo sviluppo di competenze metacognitive e cioè la possibilità di darsi ragione del fatto di avere/non avere compreso un testo, di individuare i passaggi e le parti non comprese, di formulare domande, di cercare modalità proprie per manipolare i testi.

### Per concludere

Il processo di comprensione di un testo scritto prevede quindi di attivare una molteplicità di fattori cognitivi, culturali, sociali e si sviluppa gradualmente durante tutto il percorso scolastico. Per comprendere è necessario possedere differenti abilità:

7. Fabro F, Cargnelutti E, *Neuroscienze del bilinguismo. Il farsi e disfarsi delle lingue*, Roma, Astrolabio, 2018.

- saper decifrare i segni grafici che compongono il testo,
- possedere la capacità lessicale che permette di comprendere il significato delle parole abbinandole ad una rappresentazione mentale (comprensione lineare),
- trarre delle inferenze, cioè comprendere il significato di parole sconosciute o ricavare informazioni non esplicitate ragionando sul contesto e ricorrendo anche alle conoscenze pregresse e alla propria enciclopedia mentale,
- riconoscere progressivamente la struttura morfologica e sintattica della proposizione indipendentemente dal valore semantico (ragionare cioè sul codice linguistico oltreché sul significato),
- individuare lo scopo del testo, la sua tipologia, e rispondere correttamente a eventuali consegne operative.

Tutti i processi elencati e brevemente descritti procedono gradualmente e sono fra loro strettamente connessi e diventa quindi difficile comprendere in quale fase della comprensione si verificano degli intoppi. Le fatiche più comuni registrate nell'osservazione in classe si riferiscono alle lacunose abilità di decifrazione con tempi e ritmi di lettura troppo lenti, alla povertà lessicale, alla difficoltà di operare inferenze recuperando le conoscenze pregresse da connettere alle nuove informazioni.

Pur se non esplicitate, le implicazioni didattiche riguardanti la comprensione di un testo sono molte e riguardano la pluralità dei docenti e delle discipline. Ogni intervento sul testo richiede l'attivazione di operazioni cognitive che sono proprie di tutti i processi di insegnamento/apprendimento: riconoscere, denominare, selezionare, classificare, ordinare, confrontare, generalizzare, dedurre, inferire, ipotizzare. E, soprattutto, richiede una intenzionalità e un impegno non episodici o collegati solo alle cosiddette "verifiche sulla comprensione".

A proposito dell'impegnativo lavoro di rifles-

sione sull'operatività dell'insegnante in classe e nella sua formazione in itinere, Stanislas Dehaene scrive: "Man mano che emerge un consenso scientifico sui meccanismi della lettura, il suo insegnamento dovrebbe progressivamente trasformarsi in una autentica 'neuropsicopedagogia': una scienza unificata e cumulativa in cui la libertà dell'insegnante non è negata ma è rivolta alla ricerca pragmatica di un insegnamento meglio strutturato e più efficace. L'esigenza di sperimentare è una delle più belle idee che la scienza possa apportare alla pedagogia. Sperimentare non è provare il mattino stesso un'idea che vi è venuta la sera prima. Sperimentare esige invece di concepire, con pazienza e minuzia considerando tutte le conoscenze passate, una nuova strategia di insegnamento che sarà confrontata con una situazione di controllo (un altro giorno, un altro esercizio, un'altra classe)"<sup>8</sup>.

Riportando la riflessione sui dati INVALSI presentati all'inizio del presente lavoro e prendendo spunto dall'ultima citazione, si pone una questione che investe la scuola in modo quasi emergenziale: la formazione continua dei docenti. Gli ambiti da investigare sono sempre gli stessi e si possono sintetizzare in tre nuclei fondamentali: conoscenza delle caratteristiche cognitive e personali dei soggetti in apprendimento, conoscenza della struttura epistemologica della disciplina oggetto di insegnamento/apprendimento, capacità di operare le opportune mediazioni didattiche.

L'apporto degli studi nell'ambito delle neuroscienze e la ricerca sul grado di formatività delle nuove tecnologie possono aiutare a sperimentare modelli pedagogici e didattici inediti che trasformino le grandi esperienze del passato in una proposta significativa per il presente. ●

8. Dehaene S, op. cit.

Stanislas Dehaene

*Imparare.*

*Il talento del cervello, la sfida delle macchine*

Raffaello Cortina Editore, 2019



“Un’alleanza per la scuola di domani. Saremo in grado, in futuro, di allineare le nostre scuole ai risultati delle neuroscienze e delle scienze cognitive? Sono convinto che unendo le forze possiamo farcela. La scuola di domani dovrà riunire insegnanti, genitori e scienziati attorno a una causa comune: dare nuova vita alla curiosità e alla gioia di imparare di tutti i bambini”. Con questo obiettivo, Dehaene fa il punto sulle attuali conoscenze, descrivendo come impara una rete neuronale – il nostro cervello in particolare – a partire da una prospettiva multidisciplinare, che integra la ricerca nelle scienze cognitive, nelle neuroscienze, nell’intelligenza artificiale con la pedagogia. Matematico informatico, da decenni insegnante di psicologia cognitiva sperimentale e direttore dell’unità di neuroimmagini cognitive del servizio ospedaliero francese di Orsay, l’autore parte da una lunga lista di domande: quelle che ci poniamo interrogandoci su come funziona il cervello quando impariamo. Come fa il cervello di un bambino a essere così efficace, fin dalla nascita e per tutta la durata dell’adolescenza? Quali algoritmi l’evoluzione ha impiantato nei nostri circuiti cerebrali, così da fargli formare una rappresentazione del mondo? Comprendere questi algoritmi ci permetterebbe di imparare meglio e più velocemente? Potrebbero ispirarci per costruire macchine dalle prestazioni migliori, intelligenze artificiali che ci imitano o che addirittura ci sorpassano? Perché certi bambini dislessici o discalculici o disprassici presentano le stesse difficoltà in campi come la lettura, il calcolo o il gesto? Come mai non riescono ad imparare di nuovo a leggere molti

adulti eccellenti lettori, a seguito di un minuscolo ictus? Anche se impegnativa, la lettura è intrigante e tiene l’attenzione sui temi affrontati, a partire da che cosa vuol dire imparare e da come impara il nostro cervello. Già un neonato, nonostante la sua immaturità, possiede una vasta conoscenza, ereditata dalla sua storia evolutiva, anche se ciò non traspare dal suo comportamento. Di oggetti, numeri, probabilità, volti, linguaggi i piccoli della specie umana avrebbero già competenze tutt’altro che trascurabili. E questo è stato evidenziato grazie ai significativi progressi metodologici delle scienze cognitive. Il nostro cervello è in grado di imparare meglio delle macchine, nonostante i recenti successi dell’intelligenza artificiale possano indurre a credere che abbiamo finalmente capito come riprodurre l’apprendimento e l’intelligenza della specie umana. Un esempio. Le attuali reti neurali artificiali corrispondono alle operazioni che il nostro cervello realizza inconsciamente, in due decimi di secondo, quando processa un’immagine: la riconosce, la categorizza e ne attiva il significato. Il nostro cervello fa molto di più: esplora l’immagine consapevolmente, con attenzione, punto per punto, per diversi secondi, formula rappresentazioni simboliche, teorie esplicite del mondo che possiamo condividere con altre persone attraverso il linguaggio. Operazioni di questa natura, lente, ragionate, simboliche sono prerogativa della nostra specie, per il momento. Dehaene prosegue soffermandosi sulle funzioni principali di cui il nostro cervello si è dotato nel corso dell’evoluzione e che massimizzano la velocità con cui siamo in grado di estrarre informazione dal nostro ambiente. Si tratta dell’*attenzione* che amplifica le informazioni su cui ci concentriamo, del *coinvolgimento attivo* che chiamiamo anche curiosità, che incoraggia il cervello a valutare nuove ipotesi, del *ritorno sull’errore* per correggere i nostri modelli del mondo, del *consolidamento* che automatizza e fluidifica specialmente durante il sonno, ciò che abbiamo appreso. L’auspicio conclusivo è la conciliazione dell’educazione con le neuroscienze, al fine di ottimizzare il grande potenziale di apprendimento dei bambini, perché troppi oggi non lo realizzano appieno né in famiglia né a scuola, dove spesso le condizioni non sono adeguate.

Interessante per tutti – molti sono i suggerimenti più o meno espliciti per mantenere il cervello in efficienza – il saggio è una lettura stimolante e incoraggiante per chi insegna, è un curioso e piacevole riscontro di osservazioni e problemi vissuti per chi è stato o sta con i bambini. E, cosa non scontata per un saggio impegnativo, fa venire voglia di saperne di più.

Maria Castelli

---

## Apprendimento e insegnamento della lettura profonda

Lucia Stelli

---

From international tests on reading skills, critical issues emerge as the age of students increases: therefore the most important work is done at school to overcome them. Research in cognitive neuroscience indicates the most suitable time from 5 to 10 years to begin learning deep reading and to counteract the deconcentration from this task produced by digital means of communication.

Keywords: *Reading Literacy, Progress in International Reading Literacy Study, Deep comprehension.*

---

Come Lucrezia Pedrali ha evidenziato nell'articolo che precede questo mio intervento, le prove INVALSI hanno contribuito a fare emergere la comprensione del testo come problema che investe tutti i livelli scolastici e tutti i docenti. Da ex insegnante, consapevole di questa criticità e delle sue ricadute sociali, ho cercato di indagare il problema per trovare risposte sia a livello di ricerca che di sperimentazione didattica.

Per cominciare ho appurato che esiste una tradizione di indagini internazionali dedicate specificatamente alla *Reading Literacy*, basti pensare che il 2021 segna i 20 anni di PIRLS (*Progress in International Reading Literacy Study*)<sup>1</sup>, un'indagine internazionale periodica (ripetuta ogni cinque anni), che ha come principale obiettivo la valutazione comparativa dell'abilità di lettura degli studenti al quarto anno di scolarità (ovvero, di età compresa tra i nove e i dieci anni). È infatti a questa età che i bambini e le bambine dovrebbero aver già imparato a leggere e dovrebbero quindi essere in grado di utilizzare la lettura come strumento per apprendere.

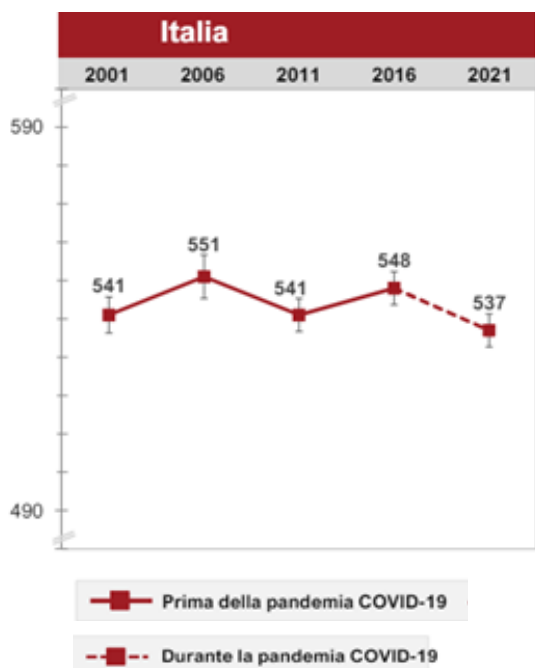
Ma cosa s'intende per *Reading Literacy*? Nel 1991 la reading literacy venne definita come la capacità di comprendere e usare quelle forme di lingua scritta richieste dalla società e/o ritenute importanti dagli individui. Nel tempo però questa definizione è stata ampliata e modificata fino a perveni-



re alla seguente: “La *literacy* in lettura è l’abilità di comprendere e utilizzare le forme di linguaggio scritto richieste dalla società e/o apprezzate dall’individuo. I lettori sono in grado di costruire significato dai testi in una varietà di forme. Leggono per imparare, per partecipare a comunità di lettori a scuola e nella vita quotidiana e per piacere personale”<sup>1</sup>.

La lettura è quindi vista come un processo costruttivo e interattivo. I “buoni” lettori sono in grado di costruire attivamente il significato, di ragionare con il testo, di padroneggiare efficaci strategie di lettura e di riflessione sulla lettura.

Il rapporto PIRLS 2021<sup>2</sup>, nonostante confermi alcune criticità riguardanti differenze territoriali e di genere a cui si aggiungono quelle relative al



contesto familiare e sociale di provenienza degli studenti, fornisce esiti al di sopra della media internazionale con un punteggio medio di 537 punti, superiore al punteggio medio di 527 punti dei Paesi europei partecipanti.

Si osserva però che in Italia, così come nella maggior parte degli altri paesi, i risultati medi ottenuti nel 2021 sono significativamente inferiori rispetto a quelli del 2016; solo Singapore mostra un miglioramento costante in ciascuna delle cinque rilevazioni PIRLS.

Nel quadro di riferimento della lettura, sono contemplati quattro livelli di prestazione: avanzato (con soglia di 625 punti sulla scala di lettura), alto (550 punti), intermedio (475 punti) e livello base (400 punti). C'è da aggiungere che le descrizioni dei livelli sono state sviluppate separatamente per i due scopi della lettura: letterario e informativo. I testi di tipo letterario sono racconti o storie brevi, contemporanee o tradizionali, accompagnate da illustrazioni colorate; presentano una trama compiuta, con uno o due personaggi principali, uno o due eventi centrali e un tema o un messaggio complessivo.

I testi informativi includono testi continui e non continui, caratterizzati da elementi informativi quali diagrammi, mappe, illustrazioni, fotografie e tabelle. Dal punto di vista dei contenuti, i testi comprendono informazioni scientifiche, biografiche e storiche, strutturate in diversi modi, secondo un ordine cronologico, logico-sequenziale o per tema e spesso includono elementi organizzativi del testo quali paragrafi o riquadri di testo. All'interno di ciascuno dei due scopi della lettura vengono valutati quattro processi di comprensione: riconoscere e recuperare informazioni esplicite; fare inferenze dirette; interpretare e integrare idee e informazioni; valutare e criticare il contenuto e gli elementi testuali.

Se il rapporto PIRLS evidenzia un quadro generale della nostra scuola primaria come un sistema nel complesso solido e resiliente, quello dell'indagine OCSE PISA<sup>3</sup> (l'ultima rilevazione risale al 2022) fa intravedere qualche criticità. Questa rilevazione ha coinvolto circa 700.000 studen-

1. [https://www.invalsi.it/invalsi/ri/pirls2021/documenti/RappNazPIRLS2021\\_Presentazione\\_L\\_Palmerio.pdf](https://www.invalsi.it/invalsi/ri/pirls2021/documenti/RappNazPIRLS2021_Presentazione_L_Palmerio.pdf)

2. [https://www.invalsi.it/invalsi/ri/pirls2021/documenti/RappNazPIRLSPIRLS2021\\_RapportoNazionale.pdf](https://www.invalsi.it/invalsi/ri/pirls2021/documenti/RappNazPIRLSPIRLS2021_RapportoNazionale.pdf)

3. <https://www.invalsiopen.it/cosa-e-come-funziona-indagine-ocse-pisa/>

ti quindicenni di 81 diversi Paesi e ha misurato oltre alla competenza in Lettura, anche quelle in Matematica e Scienze. In questo caso la competenza in Lettura non si esaurisce nella comprensione di un singolo testo, ma richiede di impegnarsi attivamente nel processo di costruzione di significati e conoscenze, saper scegliere tra diverse fonti, orientarsi nell'ambiguità, distinguere tra fatti e opinioni. A fronte di questa complessità, il quadro di riferimento PISA articola le abilità di lettura in base a due dimensioni fondamentali: una dimensione classifica i contenuti della lettura e le caratteristiche dei testi (singoli/multipli in base alla fonte; statici/dinamici in base alla loro struttura organizzativa e di navigazione; continui/non-continui/misti rispetto al formato; diversi tipi di testo in base allo scopo per il quale il testo è scritto), l'altra dimensione descrive operativamente i processi cognitivi che gli studenti mettono in atto quando leggono (localizzare informazioni; comprendere; valutare e riflettere, oltre al processo di base che riguarda la fluidità di lettura che costituisce la precondizione funzionale agli altri tre processi).

I risultati della rilevazione ci dicono che gli studenti italiani hanno ottenuto un punteggio medio di 482 punti, superiore alla media OCSE che si attesta a 476 punti. Il paese che ha ottenuto in

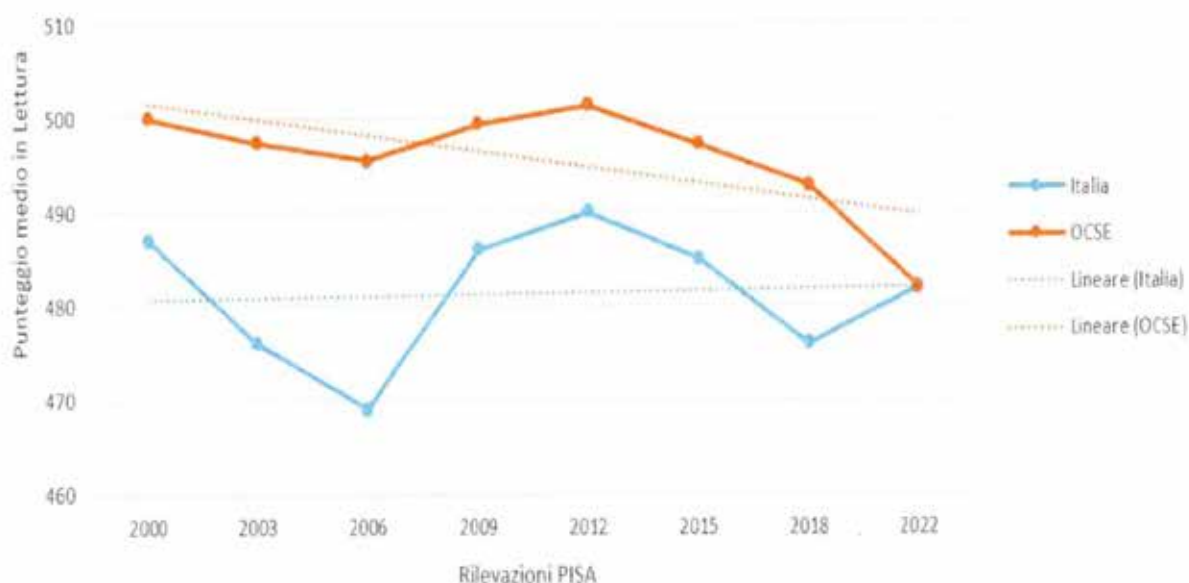
lettura il punteggio più alto, e significativamente superiore a quello di tutti gli altri paesi, è anche in questo caso Singapore (543 punti).

Come si evince dal grafico in cui sono riportati nel tempo i punteggi medi in Lettura (media Italia e media OCSE), ci sono state delle fluttuazioni del rendimento, ma il punteggio medio di PISA 2022 non è risultato significativamente diverso dai cicli precedenti.

Entrando poi nel merito dei livelli di competenza raggiunti, si ricava che in Italia il 79% dei partecipanti raggiunge il livello 2, corrispondente al livello base.

Raggiungere il livello 2 nella Lettura significa che questi studenti sono in grado di identificare l'idea principale in un testo di lunghezza moderata, di trovare informazioni seguendo indicazioni esplicite, a volte anche complesse, e di riflettere sullo scopo e sulla forma dei testi quando sono esplicitamente guidati a farlo.

Il raggiungimento del Livello 2 non è però un risultato molto rassicurante se si considera che sono contemplati 6 livelli di competenza e che per quelli più alti (4, 5 e 6) la percentuale di studenti italiani in grado di svolgere i relativi compiti è inferiore alla percentuale media OCSE. Solo il 5% , a fronte di circa il 7% raggiunge infatti i livelli 5 e 6, livelli per i quali gli studenti sono in



grado di comprendere testi lunghi, di interagire con concetti astratti o controintuitivi e di operare distinzioni tra fatti e opinioni sulla base di indicazioni non esplicite relative al contenuto di un'informazione o alla sua fonte. Se poi rivolgiamo lo sguardo al confronto internazionale vediamo che Singapore si attesta al 20% e altri sei paesi: Taipei-Cina, Corea, Stati Uniti, Giappone, Nuova Zelanda e Canada conseguono percentuali superiori al 10%.

Per quanto riguarda la nostra popolazione, c'è anche da aggiungere che le differenze interne nei risultati in lettura sono molto marcate: 56 punti sulla scala di lettura separano i punteggi medi che rappresentano, rispettivamente, il risultato più alto e più basso per raggruppamento geografico e infine tra le diverse tipologie di istruzione, 105 punti separano i punteggi medi ottenuti dagli studenti dei Licei e quelli degli Istituti Professionali. C'è quindi bisogno di rimboccarsi le maniche per migliorare i risultati attuali.

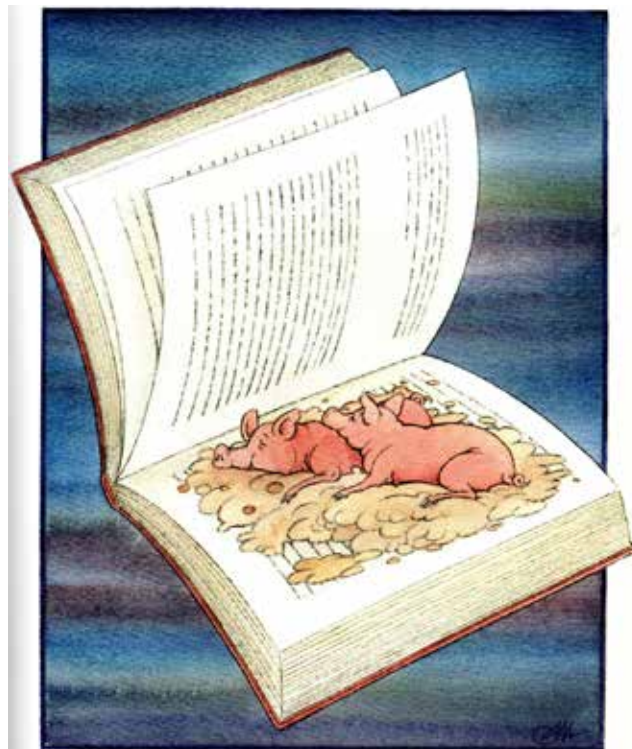
Per cominciare si può prendere visione delle prove rilasciate. Numerosi esempi sono rintracciabili sul sito INVALSI<sup>4</sup> e possono costituire un'utile risorsa per proporre attività di lettura-comprensione nelle classi non certo al fine di addestrare gli studenti, ma per fare insieme a loro tutta una serie di riflessioni sull'importanza di cogliere gli aspetti essenziali di un testo e i problemi di varia natura che può porre.

Non si tratta di un compito estraneo all'insegnamento dal momento che, come sottolineato nelle Indicazioni nazionali, la scuola ha il dovere di educare alla lettura-comprensione in modo strategico per promuovere i saperi propri di un nuovo umanesimo<sup>5</sup>.

Come si può immaginare si tratta di un processo lungo e come tale deve essere avviato prima possibile già a partire dall'infanzia lavorando sulla comprensione di testi letti ad alta voce dall'adulto. Come scrive Piumini<sup>6</sup>: “ In un libro si sprofonda

come pesce dentro l'onda, come verme dentro il prato, come lingua nel gelato, come testa in un cuscino o cucchiaino nel budino, come naso in fazzoletto o assonnato nel suo letto, come scimmia nel suo mango o maiale dentro il fango.”

Versi così suggestivi evocano immagini più convincenti di qualsiasi raccomandazione! Nella scuola primaria, i bambini possono farsi domande e costruire collegamenti dialogando direttamente con il testo guidati dall'insegnante, che ne promuoverà la comprensione anche attraverso la riflessione sulla lingua. E le domande possibili sono davvero tante: “Che cosa significa quello che ho appena letto per chi l'ha scritto? E cosa significa per me? Cosa mi piace e cosa non mi piace? Come mi fa sentire questo personaggio?”, fino a sfociare nell'analisi critica “Quello che leggo è vero? Che cosa mi ha aiutato a capire?”. Per convincersi ulteriormente della necessità di investire tempo e mezzi nell'interazione con i te-



4. [https://invalsiareaprove.cineca.it/docs/2024/Indagini%20internazionali/RAPPORTI/Rapporto\\_nazionale\\_PISA2022\\_.pdf](https://invalsiareaprove.cineca.it/docs/2024/Indagini%20internazionali/RAPPORTI/Rapporto_nazionale_PISA2022_.pdf).

5. *Indicazioni nazionali per il curricolo*, Annali della pubblica Istruzione, 60, Firenze, Le Monnier, 2012.

6. Marianello C, Piumini R, *Un libro con te*, De Agostini, 2007.

sti basta leggere il libro *Lettore vieni a casa* di Maryanne Wolf<sup>7</sup>, davvero prezioso per motivare l'insegnante a intraprendere il lungo cammino che conduce a diventare lettori esperti.

Innanzitutto l'autrice, neuroscienziata cognitivista, studiosa di lettura e in particolare della dislessia, possiede oltre all'autorevolezza maturata in più di trenta anni di ricerca, anche una grande capacità comunicativa. Originale l'articolazione del libro in nove lettere scritte a un ipotetico *Lettore* nominato sempre con l'iniziale maiuscola, cosa che fa capire l'importanza e il rispetto attribuiti a chi decide di leggere il libro. Le lettere, che vanno a sostituire i capitoli, e che contribuiscono a instaurare con il lettore un rapporto confidenziale, evidenziano l'impegno profuso per far capire le basi teoriche sulle quali è impiantato tutto il discorso e motivano il lettore a impegnarsi a sua volta nella comprensione delle idee esposte per condividerle e successivamente mettere in pratica i consigli che ne derivano.

Nella prima lettera viene delineata la storia evolutiva del cervello e precisato che leggere non è un processo naturale e neppure innato, ma che il cervello ha dovuto creare un circuito totalmente nuovo dedicato alla lettura costruendo un numero vertiginoso di connessioni. Successivamente il cervello che legge è visto nella transizione dalla cultura basata su testi stampati a una cultura digitale. Per far capire come la plasticità del cervello permetta di costruire circuiti sempre più raffinati ed estesi, l'autrice dedica la seconda lettera a descrivere *una veduta insolita del cervello che legge* in accordo con le recenti ricerche di neuroscienza. Si comprende così che nella lettura sono coinvolte tutte le aree cerebrali, quelle della Visione, del Linguaggio, della Cognizione, Motoria e dell'Affetto. Poiché a differenza dello sviluppo del linguaggio orale, manca un progetto genetico per circuiti cerebrali deputati alla lettura, si comprende a questo punto che a scuola si gioca



LETTERA I	<i>La lettura, il canarino nella mente</i>	9
LETTERA II	<i>Sotto la grande volta. Veduta insolita del cervello che legge</i>	21
LETTERA III	<i>La lettura profonda. È in pericolo?</i>	39
LETTERA IV	<i>«Che ne sarà dei lettori che eravamo?»</i>	69
LETTERA V	<i>Crescere dei bambini in un'era digitale</i>	101
LETTERA VI	<i>Dal biberon al portatile nei primi cinque anni. Non correte troppo</i>	121
LETTERA VII	<i>Scienza e poesia dell'imparare (e insegnare) a leggere</i>	141
LETTERA VIII	<i>Costruire un cervello bi-alfabetizzato</i>	157
LETTERA IX	<i>Lettore, vieni a casa</i>	175
	Ringraziamenti	191
	Note	197

7. Wolf M, *Lettore, vieni a casa. Il cervello che legge in un mondo digitale*, Vita e Pensiero, 2018.

una partita decisiva per l'apprendimento. Gli insegnanti di oggi devono quindi sapere come introdurre alla lettura tutti i bambini e ciò comporta anche il superamento della diatriba tra l'approccio fonetico e quello globale. Dal momento che il circuito della lettura attiva tutto ciò che il lettore conosce, lo stesso dovrebbero fare gli insegnanti per l'intero periodo che va dai 5 ai 10 anni.

A questo proposito Maryanne Wolf scrive: "Gli insegnanti dei bambini di questa età dedicherebbero così un'attenzione ampia ed esplicita a ogni componente del circuito della lettura: i fonemi e le loro connessioni con le lettere, poi i significati e le funzioni di parole e morfemi (cioè le più piccole unità di significato) nelle frasi, l'immersione nei racconti che richiedono processi di lettura profonda più sofisticati, e infine la sollecitazione quotidiana dei pensieri e dell'immaginazione dei bambini per scrivere e parlare. In tal modo non si trascurerebbe nulla di ciò che riguarda cognizione, percezione, linguaggio, affetto e regioni motorie".



Prendendo poi in considerazione l'influenza che i mezzi di comunicazione digitali possono avere sui processi di lettura profonda, l'autrice condivide con il lettore due interrogativi. Le componenti cognitive del circuito della lettura che si stanno sviluppando saranno alterate dai mezzi digitali, prima, durante e dopo che i bambini abbiano imparato a leggere? Come incideranno sui processi di lettura profonda i livelli elevati di stimolo, le grandi quantità di informazioni, la velocità, l'immediatezza, il multitasking?

La sua risposta assegna alla scuola un ruolo cruciale per salvaguardare la capacità di lettura intensiva visto che i giovani adulti possono riuscire a tenere a bada la grande quantità di stimoli che ricevono, mentre l'attenzione dei bambini è a disposizione di chi la cattura.

Secondo l'autrice la scuola potrà farcela se riuscirà a sviluppare quella che chiama "pazienza cognitiva", l'abilità cioè di elaborare con calma le informazioni, di dare significato alle cose dopo averci pensato su. Indica in particolare il periodo della scuola primaria quale lasso di tempo in cui gli insegnanti devono preoccuparsi di costruirla. Fa quindi una proposta centrata sull'introduzione di diverse forme di lettura e apprendimento basate su testi a stampa e testi digitali, procedendo come nell'insegnamento ad alunni bilingui. Nella convinzione che i bambini imparerebbero che ciascun mezzo, la stampa e il digitale, ha le proprie regole e il proprio passo, ipotizza livelli paralleli di fluidità immaginando che lo sviluppo iniziale dell'apprendimento attraverso i vari strumenti avvenga in modo separato e distinto finché le caratteristiche specifiche degli strumenti non siano ben sviluppate e interiorizzate. Nello stesso periodo in cui i bambini imparano a leggere e a pensare attraverso il mezzo della carta stampata, apprendono anche a pensare in modo diverso, grazie a schermi su cui scorrono imma-

gini in rapida successione. Nel progetto descritto, i dispositivi digitali vengono introdotti come strumenti per imparare a programmare, come una sorta di “parco giochi” per imparare ad esempio a produrre arte grafica e programmare robottini. In questo modo nessuno dei due mezzi occuperebbe una posizione privilegiata in classe. “Imparando a programmare, i bambini sviluppano le abilità deduttive, induttive e analogiche necessarie all’apprendimento delle scienze, della tecnologia, della matematica e dell’ingegneria, che al tempo stesso costituiscono il nucleo dei processi del ‘metodo scientifico’ nel circuito della lettura. Iniziano a comprendere, ad esempio, l’importanza della sequenza...”

Del resto anche il Consiglio dell’Unione Europea nella Raccomandazione del 22 maggio 2018<sup>8</sup>, relativa alle competenze chiave per l’apprendimento permanente, indica per lo sviluppo delle competenze chiave la necessità di “innalzare il livello di padronanza delle competenze di base (alfabetiche, matematiche e digitali) e sostenere lo sviluppo della capacità di imparare a imparare quale presupposto costantemente migliore per apprendere e partecipare alla società in una prospettiva di apprendimento permanente”.

Ma per imparare a imparare è necessario coinvolgere totalmente le giovani menti catturando e tenendo viva l’attenzione su tutta una serie di sfide di apprendimento.

Sarà proprio l’integrazione tra cultura analogica e innovazione digitale la sfida più difficile da vincere. Da insegnante che ha iniziato a raccogliercela dalla fine degli anni ’80 quando attuavo un laboratorio LOGO con il Commodore64<sup>9</sup> e avevo ore di compresenza con italiano, tecnologia, arte, non posso che essere pessimista visti i ridotti spazi attuali per la condivisione esistenti nelle scuole.

Le ore di compresenza sono state nel mio caso l’opportunità di formazione più preziosa proprio

perché, come per il circuito della lettura descritto dalla Wolf, mi hanno permesso di intravedere e costruire inaspettate connessioni tra le discipline, di portarle alla luce e condividerle con i colleghi. Ancora oggi penso che questa capacità di attraversare le discipline, conoscendone i linguaggi specifici, sia indispensabile per chi decide di insegnare, e vedo nell’imparare a lavorare su testi diversi e con strumenti diversi la premessa per raggiungere qualsiasi traguardo di competenza.

Gli inviti ministeriali non mancano, basta pensare a ciò che sta scritto nel documento DM742-2017<sup>10</sup> sulla finalità della certificazione delle competenze alla fine del primo Ciclo d’istruzione: “Gli insegnanti sono invitati a superare barriere disciplinari o settoriali e ad aprirsi con curiosità e fiducia alle suggestioni e agli stimoli della cultura contemporanea, imparando – essi per primi – a lavorare insieme, costituendo una comunità professionale unita dalla finalità educativa della scuola”.

Un bell’esempio di dialogo tra le discipline umanistiche e quelle scientifiche è dato da “Italmatica”<sup>11</sup>, un progetto del “Centro competenze didattiche della matematica (DDM) del Dipartimento formazione e apprendimento / Alta scuola pedagogica della SUPSI di Locarno”. Il progetto, attraverso la produzione e la diffusione di materiali che uniscono l’apprendimento della matematica e dell’italiano, e tramite l’organizzazione di una serie di iniziative, mira a incentivare il dialogo e mostrare le connessioni tra questi due ambiti disciplinari. Le esperienze documentate, condotte da un gruppo di docenti di scuola dell’infanzia, primaria e secondaria di primo grado, riguardano prevalentemente la lettura, la comprensione e la formulazione di problemi<sup>12</sup>.

Un altro esempio di connubio tra lingua e matematica è il progetto “Problemi al centro”, già citato in un mio precedente articolo su questa rivista<sup>13</sup>, dal quale si evince che la comprensione

8. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01))

9. <https://ready64.org/articoli/leggi/idart/20/il-logo-per-commodore-64>

10. <https://www.miur.gov.it/-/linee-guida-certificazione-delle-competenze>

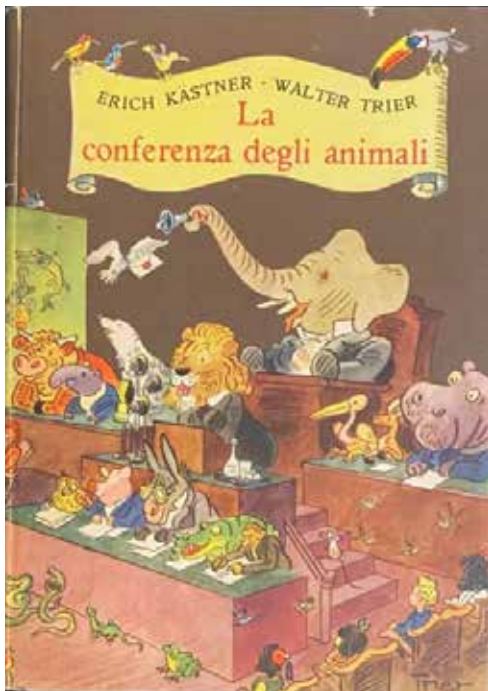
11. <https://www.matematicando.supsi.ch/iniziative/>

12. Campolucci L, & Maori, D. (2021). Un percorso integrato di matematica e italiano in continuità dalla scuola dell’infanzia alla scuola secondaria di primo grado. *Didattica Della Matematica. Dalla Ricerca*

*Alle Pratiche d’aula*, (9), 73 - 102. <https://doi.org/10.33683/ddm.21.9.4>

del testo è un prerequisito fondamentale per la risoluzione dei problemi di matematica.

Purtroppo gli inviti a fare interagire le diverse discipline e i buoni esempi cadranno nel vuoto se gli insegnanti non saranno formati alla condivisione, all'apprezzamento della trasversalità dei saperi, al sapersi mettere in discussione. Se però la loro formazione è prioritaria, lo è ancora di più la valorizzazione del ruolo che rivestono in una società che guarda al futuro. A questo proposito mi viene alla mente ciò che afferma l'autore del racconto lungo "La conferenza degli animali"<sup>14</sup>, un classico della letteratura per ragazzi in cui gli animali, stufi delle malefatte degli uomini, organizzano una conferenza per prendere in mano la situazione. Degno di nota, anche per concludere questa mia lunga riflessione, è l'ultimo punto posto dagli animali nel patto finale stabilito con gli uomini. E cioè che "In futuro, i dipendenti dello stato meglio pagati saranno gli insegnanti. Educare i bambini e farne dei veri uomini è il compito più alto e più difficile che ci sia". ●



13. Stelli L, *Le domande dei problemi e... sui problemi*, Naturalmente scienza (1), 85-90, 2022.

14. Erich Kästner, *La confe-*

Lisa Signorile

*L'orologiaio miope.*

*Tutto quello che avreste sempre voluto sapere sugli animali... che nessuno conosce*

Codice Edizioni 2012



Con stile ironico e rigore scientifico, Lisa Signorile, biologa e divulgatrice scientifica, descrive in questo libro animali bizzarri e sconosciuti. Come ci spiega lei stessa: "Ho voluto un po' sdrammatizzare l'immagine di Richard Dawkins: l'evoluzione che non vede che cosa fa e dove va, molto più che l'indovino Tiresia mi ricorda Mister Magoo, un vecchio personaggio dei cartoni animati che perde di continuo gli occhiali".

Spesso consideriamo inquietanti gli animali che vivono in ambienti estremi, perché non riusciamo a compararli con l'unico strumento di paragone che conosciamo: noi stessi. A volte è l'aspetto a sconvolgerci, altre volte le abitudini, altre ancora la dieta; ma rimane l'idea che più qualcosa è diverso dai nostri standard più ne rimangono colpiti, quasi mai in senso positivo. E così restiamo a bocca aperta, straniti che qualcosa di tanto anomalo condivida lo stesso pianeta con noi, senza che nemmeno lo sospettassimo. È un po' come scoprire che gli elfi vivono in soggiorno... Ma non c'è bisogno di tanta fantasia: queste creature "inimmaginabili" – che sembrano disegnate non tanto dal famoso orologiaio cieco di Richard Dawkins quanto da uno miope e un po' distratto – esistono davvero.

## Enrico Pappalettere (1946-2014)



*Il canto parla, unisce, accomuna. Col canto si racconta una storia, ci si racconta, ci si incontra. Attraverso il canto la comunicazione è diretta e sincera: esibizione a parte, cantando in gruppo per il puro piacere di farlo, ci si guarda negli occhi, per darsi la nota, mantenere il ritmo, certo, ma soprattutto per far spazio a quel tipo di comunicazione che non necessita di alcuna mediazione aggiunta. Per il tempo in cui le voci si uniscono in un modo armonioso, il resto delle sollecitazioni cessa di farsi sentire.*

Progetto “Dare voce alla musica” di Enrico Pappalettere

Dieci anni fa ci lasciava Enrico Pappalettere. Laureato a Pisa in Scienze Biologiche, ha insegnato nei licei a Volterra, per un lungo periodo a Pontedera e infine a Pisa al liceo scientifico “Ulisse Dini”.

Quello pontederese è stato il periodo in cui è maturata e concretizzata l’idea di *Naturalmente*: una rivista fatta in economia, diretta ai colleghi e creata utilizzando le competenze scovate e valorizzate all’interno di un gruppo di persone che non sospettavano di avere la capacità di poter scrivere e produrre un periodico impegnativo, che riuscì a rimanere vivo anche in condizioni di estrema difficoltà economica e culturale. Contemporaneamente, Enrico riuscì, insieme ad altri, a inventare una nuova architettura della cattedra di Scienze, che divenne un modello per i tanti colleghi che facevano lo stesso lavoro in ogni parte d’Italia conciliando l’esigenza di un insegnamento adeguato alla disciplina sperimentale – sperimentazione diretta, utilizzando testi innovativi e laboratori adeguatamente attrezzati – con un orario di servizio meno spezzettato in un’infinità di classi per superare la concezione diffusa di scarso peso culturale delle scienze della vita. Era un raro periodo in cui si poteva ancora sperare che proprio nella scuola potesse nascere ed essere coltivata una nuova generazione colta e impegnata, per costruire una società più rispettosa del mondo e dell’uomo.

Enrico fu tra i fondatori di un ulteriore luogo di incontro per i docenti di Scienze: l’ANISN, Associazione Nazionale degli Insegnanti di Scienze Naturali, che per molti anni è stata un motore

di idee e iniziative. Partecipò anche alla gestione diretta nel direttivo nazionale (decisiva la sua proposta di creare una rivista, *Le scienze naturali nella scuola*, che ne accompagnasse l'attività) e organizzò il Congresso nazionale di Pisa: una svolta culturale di spessore notevolissimo. Il passaggio da Pontedera a Pisa, con l'approdo al liceo scientifico "Ulisse Dini", gli rese possibile mantenere e rafforzare i rapporti con l'Università e arricchire la rivista reclutando nuovi collaboratori in ogni occasione si presentasse, come convegni e seminari sparsi in tutta Italia. La stagione dei corsi di aggiornamento fu il momento di massima espansione dell'ANISN di Pisa, diretta da Enrico, e di consolidamento della rivista. In quell'ambiente stimolante maturò e si concretizzò il progetto di un laboratorio dedicato alla formazione continua degli insegnanti di discipline sperimentali, dedicato a Franco Conti. Questo laboratorio diventò un modello di riferimento di grandi potenzialità che, come altre ottime idee di questo Paese distratto e sfortunato, non ha avuto la diffusione che meritava, ma è rimasto ancora in funzione come un esperimento che poteva incidere profondamente sulla riqualificazione della nostra scuola.

Il mondo della scuola è cambiato rapidamente e la stagione delle speranze si trasformò in fretta in un lungo periodo di pochi passi avanti e moltissimi indietro, dimenticando il vigore di una spinta riformatrice proveniente anche dal basso. Fu il periodo della forzata lotta per la riconquista della legittimità scientifica della teoria darwiniana: forse quello più basso in cui la cultura e la dignità della ricerca sono state confinate in questo Paese. Enrico ha affrontato con vigore e decisione questa prova mettendo a disposizione tutte le sue risorse, creando anche nuovi strumenti: i libri di *Naturalmente* (le "Finestre" di ETS) e le feste annuali della rivista, nuovi luoghi di incontro e di riflessione in una struttura accogliente e amichevole come la Limonaia. Un ultimo suo amore: il coro del liceo "Ulisse Dini" è la dimostrazione pratica del suo modo di intendere il lavoro con gli altri: da un insieme di voci singolarmente magari non particolarmente belle o potenti si potevano trarre suoni e sensazioni di assoluta bellezza se sapientemente diretti. Una metafora musicale del suo percorso professionale e culturale.

Con Enrico se n'è andata una bella persona ricca di interessi, di cultura raffinata, sempre impegnata a trasmettere la bellezza e l'armonia della vita. Il ricordo di Enrico rimarrà con noi con l'impegno di proseguire, per quanto ci sarà possibile, il suo esempio e il suo lavoro.

Vincenzo Terreni



## Hanno collaborato a questo numero:

**Marco Bondini**, ingegnere elettronico di professione e fotografo naturalista nel tempo libero. Il suo interesse è rivolto soprattutto alla macrofotografia, interpretata come mezzo per documentare lo svolgimento della vita nel micromondo degli insetti e degli altri piccoli invertebrati. Ha pubblicato alcune sue foto su prodotti editoriali aventi carattere divulgativo: *I Sirfidi (Ditteri): biodiversità e conservazione. Manuale operativo*, ISPRA; *Rete Natura 2000: Biodiversità in Calabria* a cura della Regione Calabria; *Una Montagna di Vita. Ecosistemi d'alta quota e cambiamenti climatici*, C.N.R. È membro del consiglio direttivo della Associazione Fotografi Naturalisti Italiani (AFNI).

**Paola Bortolon**, laureata in Scienze Biologiche e Psicologia dello sviluppo e dell'educazione presso l'Università degli Studi di Padova, si è abilitata per l'insegnamento di Matematica e Scienze, di Scienze degli Alimenti e di Scienze naturali, chimica, geografia e microbiologia nelle scuole secondarie. Ha tenuto numerosi corsi per la formazione scientifica e l'aggiornamento dei docenti, collaborato ad alcuni progetti di INDIRE (Istituto Nazionale Documentazione Innovazione Ricerca Educativa), nella preparazione degli insegnanti alle prove INVALSI e OCSE-PISA ed è stata coinvolta in numerosi progetti nazionali ed europei.

**Lucia Duca**, ricercatrice di fisica sperimentale all'INRIM. Lavora al LENS, laboratorio europeo di spettroscopia non lineare a Firenze, dove si occupa di interazione luce-atomi per lo sviluppo di tecnologie quantistiche. Occasionalmente si occupa di outreach nel podcast "Sorelle Scienzietto" e di eventi di sensibilizzazione sulla parità di genere nella scienza dentro e fuori i centri di ricerca.

**Margherita Duca**, laureata in Scienze Chimiche, ha conseguito il dottorato all'estero nel campo della chimica farmaceutica. Attualmente vive nei Paesi Bassi, dove ricopre una posizione di ricerca per un'azienda biotecnologica specializzata nello sviluppo di nuovi farmaci antitumorali. La sua passione per la comunicazione scientifica è culminata nella creazione di "Sorelle Scienzietto", un podcast che gestisce con la sorella Lucia per raccontare la scienza in modo leggero e spiritoso.

**Alessia Fallocco**, dopo la maturità scientifica consegue una laurea in Filosofia presso la Sapienza, Università di Roma con una tesi in Etica dell'Ambiente. Nel medesimo ateneo frequenta un corso di alta formazione in Scienze della Sostenibilità e il Master di I livello in Scienza nella Pratica Giornalistica. Per *Naturalmente Scienza* ha già pubblicato *Le comunità dell'energia: un'esperienza concreta di Citizen Science* (2021), *Crisi ambientale e questioni di genere* (2022) e *Metallo-antibiotici: una nuova età dell'oro* (2023).

**Angelika Hilbeck** ha lavorato presso l'Istituto di Biologia Integrativa del Politecnico di Zurigo dal 2000 e ha diretto il gruppo di ricerca sulla biosicurezza ambientale e l'agroecologia dal 2005 fino al suo pensionamento all'inizio del 2024. È stata anche l'autrice principale del Rapporto sull'agricoltura mondiale del 2008.

**Lucrezia Pedrali**, insegnante di educazione linguistica nella scuola primaria per oltre 40 anni. Redattrice e autrice di numerosi articoli sulla rivista CEM e condirettrice del movimento CEM (Centro Educazione alla Mondialità). Nell'ambito della educazione interculturale ha realizzato numerose collaborazioni con Enti e Istituzioni varie (Università Cattolica, IPRASE Trentino, IRRE Liguria, Comune di Brescia etc). Ha operato come volontaria e formatrice presso il Centro Promozione Affidi Familiari di Brescia.

**Eleonora Polo** è laureata in Chimica e ha conseguito il dottorato in Scienze Chimiche. È ricercatrice presso il Centro Studi su Fotoreattività e Catalisi del CNR di Ferrara, ora sezione dell'Istituto per la Sintesi organica e la Fotoreattività (ISOF) del CNR di Bologna. È responsabile editoriale della rivista AIM Magazine, il periodico dell'Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia delle macromolecole.

**Sara Ruschioni** è professoressa di Entomologia generale e applicata presso il Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali dell'Università Politecnica delle Marche. Partecipa a ricerche sull'impiego nutrizionale degli insetti ed è fortemente impegnata nella diffusione della consapevolezza dell'importanza degli insetti impollinatori.

**Piero Sagnibene**, ricercatore indipendente, entomologo, idrobiologo, eco-tossicologo.

**Lucia Stelli**, laureata in Scienze Biologiche, è stata docente di Matematica e Scienze nella Scuola secondaria di primo grado. Ha partecipato come formatrice a numerosi progetti per l'educazione matematico-scientifica. Fa parte del Gruppo di ricerca e sperimentazione in didattica della matematica presso l'Università di Pisa. È esperto didattico scientifico del Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa.

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





€ 11,00

ISBN 13: 978-8846770127



9 788846 770127