



micron

ecologia, scienza, conoscenza

39

/ Le infinite vie dell'evoluzione
/ Il soffitto di cristallo
/ La frontiera della *precision health*



controllo

prevenzione

protezione

dell'ambiente

Rivista trimestrale di Arpa Umbria
spedizione in abbonamento postale
70% DCB Perugia - supplemento
al periodico www.arpa.umbria.it
(Isc. Num. 362002 del registro
dei periodici del Tribunale di Perugia
in data 18/10/02). Autorizzazione al
supplemento micron in data 31/10/03

Direttore
Walter Ganapini

Direttore responsabile
Fabio Mariottini

Redazione
Francesco Aiello, Markos Charavgis

Comitato scientifico
Enrico Alleva, Marco Angelini,
Fabrizio Bianchi, Gianluca Bocchi,
Antonio Boggia, Marcello Buiatti,
Mauro Ceruti, Liliana Cori, Franco Cotana,
Maurizio Decastri, Luca Ferrucci,
Gianluigi de Gennaro, Enzo Favoino,
Pietro Greco, Luca Lombroso,
Giovanni Gigliotti, Cristina Montesi,
Enrico Rolle, Claudia Sorlini,
Gianni Tamino, Luciano Valle

Direzione e redazione
Via Pievaiola San Sisto 06132 Perugia
Tel. 075 515961 - Fax 075 51596399
www.rivistamicron.it
twitter: @RivistaMicron

ISSN 2239-9623

Design / impaginazione
Paolo Tramontana

Fotografia
Luca Ciabatta

Stampa
Graphicmasters

stampato su carta Fedrigoni ARCO PRINT 1 g 100
con inchiostri K+E NOVAVIT 3000 EXTREME

© Arpa Umbria 2018

La coscienza del limite 05
Fabio Mariottini

Una storia ancora da scrivere 06
Pietro Greco

Le infinite strade dell'evoluzione 11
Francesca Buoninconti

**ERC: finanziare la ricerca di frontiera
a livello europeo** 18
Stefano Porciello

**Costruzione dell'evidenza scientifica
nei siti contaminati** 26
Liliana Cori, Francesca Gorini

Le nuove frontiere della prevenzione 36
Cristiana Pulcinelli

**Riconvertire l'agricoltura rinunciando
ai pesticidi** 40
Cristina Da Rold

**Siamo davvero dipendenti dagli
smartphone?** 45
Romualdo Gianoli

Fukushima: completato il "muro di ghiaccio" 50
Stefano Pisani

**Donne e scienza, la lunga strada verso
la parità di genere** 55
Valentina Spasaro

Micron letture 60

Luca Ciabatta - località Ex centrale termoelettrica di Pietrafitta





La coscienza del limite

Fabio Mariottini

Cinquant'anni fa, da una idea di Aurelio Peccei, economista e dirigente industriale, nasceva il Club di Roma. La grande intuizione di questa poliedrica figura di imprenditore fu quella di creare un contesto in cui esperti di tutto il mondo avrebbero potuto contribuire a una riflessione sul rapporto tra risorse naturali e crescita economica. L'obiettivo per l'epoca era certamente ambizioso, perché metteva in discussione il modello che aveva determinato lo sviluppo dell'uomo nel corso dei secoli e che poggiava la sua cultura sulle capacità illimitate del pianeta. Una correlazione tra crescita e risorse naturali rivelatasi poi errata, perché nel 1972, dal rapporto commissionato dal Club di Roma al Mit (*Massachusetts Institute of Technology*), dal titolo *The limits to growth*, si dimostrava che le risorse naturali non erano infinite e un abuso di tali riserve avrebbe finito per danneggiare irreversibilmente il pianeta e lo sviluppo stesso dell'umanità. Iniziò così a farsi strada la coscienza dei limiti biofisici della Terra e divennero evidenti i punti di frizione tra sfruttamento delle risorse naturali e crescita economica. Che i tempi per queste riflessioni fossero ormai maturi si evinceva anche dalle conclusioni della prima Conferenza sull'ambiente umano organizzata dalle Nazioni Unite a Stoccolma proprio nel 1972, dove si concludeva che "le risorse naturali devono essere protette, preservate, opportunamente razionalizzate per il beneficio delle generazioni future... e la conservazione della natura deve avere un ruolo importante all'interno dei processi legislativi ed economici degli Stati". Attraverso queste considerazioni si iniziava così a disegnare il quadro di incompatibilità tra il nostro modello di sviluppo e la capacità della Terra di supportare questa crescita. Considerazioni che aprivano un nuovo contenzioso tra economia ed

ecologia mettendo in discussione l'intero sistema produttivo e perfino le regole di convivenza sociale su cui era fondata la nostra società. Questa critica, inoltre, riattualizzava la polemica ottocentesca tra Marx e Malthus. Per il filosofo tedesco, infatti, la popolazione aveva ancora ampi margini di crescita e i guasti sulla collettività dipendevano esclusivamente dal sistema capitalistico che ridistribuiva in modo diseguale le ricchezze. Per l'economista e demografo inglese, di estrazione liberale, invece, le distorsioni economiche e sociali della società erano dovute al progressivo aumento della popolazione e dai relativi consumi. La controversia tra le due teorie andò a incardinarsi nel momento di massima espansione della rivoluzione industriale, il cui imperativo categorico era la crescita e la questione ambientale tornò così in ombra almeno fino alla fine del secolo scorso, quando, con il Summit di Rio sulla Terra del 1992, diventò di attualità nelle agende politiche di 172 Capi di Stato e di Governo. È stato però necessario arrivare ai rapporti dell'Ipcc degli ultimi anni per rimettere seriamente in discussione il nostro modello di sviluppo. Così, alla fine, il modo di fare economia è tornato in primo piano e la cura del pianeta sembra aver trovato una diversa attenzione. Molti Paesi indicano ormai un sistema di crescita che non sia improntato sull'abuso del territorio e delle risorse, ma che trovi nella valorizzazione delle materie prime seconde, nella riduzione degli scarti e nel riuso, un modo nuovo di produrre ricchezza e benessere. È quell'economia circolare, di cui molto si parla, improntata sul bene comune e la condivisione, che dovrebbe andare a sostituire il modello "lineare" basato sul paradigma della produzione e del consumo come logica dell'accumulazione di capitale. Questa nuova forma di economia neces-

sita però di una modificazione profonda della cultura d'impresa e di consumo. Ad esempio, alla base di questa teoria che esce fuori dai canoni ormai logori dell'estrazione/produzione/utilizzo/scarto, c'è prima di tutto la necessità di riuscire a ottenere più "valore" da ogni tonnellata di risorse naturali prelevate e rendere i prodotti più durevoli. Impresa certo non facile, perché confligge con i modelli di produzione e di consumo che sono ancora di gran lunga i più applicati dal sistema economico mondiale. Oggi si prevede infatti che le materie prime estratte (fossili, biomasse, risorse minerarie) che nel 2010 si attestavano sui 60 miliardi di ton/anno, nel 2050 passeranno a circa 140 miliardi di ton/anno, mentre i rifiuti solidi, da 1,3 miliardi di tonnellate nel 2013, si attesteranno su 2,2 miliardi nel 2025. Per ciò che riguarda i consumi, con la crescita mondiale della classe media anche nei Paesi in via di sviluppo, entro il 2030 si attende l'ingresso di 2,5 miliardi di nuovi consumatori, il 100% in più rispetto al 2013 (*Circular economy*, Peter Lacy-Jakob Rutquist-Beatrice Lamonica, 2016). È evidente, quindi, che il fallimento ecologico ed etico del vecchio sistema non è stato sufficiente a determinare una nuova prospettiva in tempi rapidi, ma è altrettanto chiaro che il vecchio sistema non può più funzionare mantenendone intatti i presupposti e, quindi, le basi strutturali. Ciò che necessita oggi è dunque un cambio radicale di rotta nel rapporto tra genere umano ed ecosistema.

Il mutamento di una cultura che deve passare dalla logica dello sfruttamento a quella della condivisione. Un passaggio che implica anche importanti trasformazioni della società e del modello stesso di democrazia che veda attenuarsi i disequilibri e affermarsi la convivenza fra sostenibilità ambientale e sviluppo umano.

Una storia ancora da scrivere

Pietro Greco

Le scoperte più recenti rivelano come la storia dei Neanderthal sia più articolata e complessa di quanto immaginassimo, il che ci porta a riesaminare molte convinzioni anche sul loro rapporto con *Homo sapiens*. Che non è stato solo di tipo fisico ma anche, attraverso percorsi tortuosi e in parte ancora oscuri, di contaminazione culturale. E non necessariamente a senso unico come abbiamo immaginato fino ad ora



È tutto scritto nei nostri geni. Quello tra i Neanderthal, antichi abitanti dell'Europa, e gli ultimi venuti in quello che chiamiamo Vecchio Mondo, gli *Homo sapiens*, è stato un rapporto di contaminazione. Certamente fisica: perché gli studi di antropologia molecolare condotti dallo svedese Svante Pääbo e dai suoi collaboratori presso l'Istituto Max Planck di Antropologia Evolutiva in Germania mostrano, al di là di ogni legittimo dubbio, che il 4% del genoma dei nativi europei è costituito da DNA proprio dei Neanderthal.

Insomma *Homo sapiens* e Neanderthal si sono incontrati e forse amati. Noi siamo il frutto di quella contaminazione fisica tra due diverse specie del genere *Homo*. Ma abbiamo le prove che la contaminazione non è stata solo di tipo fisico. È stata anche e, soprattutto, di tipo culturale. Fino a pochissimo tempo fa – non più di qualche mese – non senza una certa arroganza di specie, eravamo certi che la contaminazione culturale era sì avvenuta, ma a senso unico: i *sapiens*, con la loro cultura superiore, avevano insegnato molte cose, sul piano tecnologico ma anche estetico e simbolico, ai Neanderthal. Probabilmente non è andata così. Recentissime scoperte indicano che la storia potrebbe essere andata in maniera diversa.

Che la contaminazione, attraverso percorsi tortuosi e in parte ancora oscuri, potrebbe essere stata a doppio senso. E, allora, cerchiamo di ricostruirli i rivoli affiorati alla luce del nostro passato carsico. Perché ci inducono a un doppio bagno di umiltà. Partiamo da quella metà di una calotta cranica trovata presso la Manot Cave, in Galilea, da Israel Hershkovitz, ricercatore del *Dan David Laboratory for*

the Search and Study of Modern Humans della Tel Aviv University. Il resto fossile risale a 54.700 anni fa (a un periodo compreso tra 60 e 50mila anni fa, per la precisione) e apparteneva, come spiegava il ricercatore israeliano in un articolo apparso sulla rivista scientifica *Nature* nel gennaio 2015, a un *Homo sapiens*. Certo, non è stato il proprietario della calotta cranica tra i primi *sapiens* a realizzare l'*out of Africa*, a uscire dall'Africa e a diffondersi in altri continenti. E tuttavia la scoperta di Israel Hershkovitz dimostra per la prima volta che quello del Sinai e delle terre che oggi costituiscono Israele e la Palestina è stato uno dei canali scelti dai nostri antenati migranti.

Una scoperta importante in sé, certo. Ma che assume una connotazione affatto diversa se si considera che la Manot Cave in quel tempo era frequentata da tribù di un'altra specie umana: i Neanderthal, che stavano da quelle parti da migliaia di anni. È molto probabile, dunque, che i nuovi venuti, i *sapiens*, e gli antichi abitanti, i Neanderthal, si siano incontrati in Medio Oriente. Ed è anche piuttosto probabile che i due gruppi non si siano scontrati. Al contrario, frequentati e persino incrociati. Contaminandosi in termini biologici e anche culturali. Nei diecimila anni successivi gli *Homo sapiens* passati per il Medio Oriente sono giunti in Europa diffondendosi in tutto il continente. Continuando a incrociarsi e contaminarsi con i Neanderthal che nel nostro continente vivevano da alcune centinaia di migliaia di anni. Questi incontri contaminanti non sono stati né unici né occasionali. I due gruppi hanno convissuto in Europa, occupando le medesime terre, per alcuni millenni: in alcune zone addirittura per 5.500 anni.



E che l'incontro tra *sapiens* e Neanderthal abbia generato più d'una *love story* è anche scritto nel DNA di noi europei nativi. Perché se è vero che ciascuno di noi ha una piccola porzione del DNA neanderthaliano, è anche vero che tutti ne abbiamo in genere una diversa dall'altra. I genetisti calcolano che, se assembliamo tutti i frammenti di DNA neanderthaliano presente negli europei, riusciamo a ricostruire per una percentuale compresa fra il 35% e il 70% l'intero genoma dei Neanderthal. Indizio che, appunto, gli incontri amorosi sono stati tanti, nello spazio e nel tempo. La domanda è, dunque: la prima storia d'amore tra individui dei due diversi gruppi umani è avvenuta a Manot Cave o, comunque, in Medio Oriente? Domanda quanto meno suggestiva, perché in quei luoghi dove oggi i *sapiens* non riescono a smettere di farsi la guerra tra loro, in un passato remoto ha assistito a un incontro pacifico fra due specie diverse che ha prodotto una contaminazione sia culturale che genetica. Oggi noi sappiamo grosso modo quali erano le differenze fisiche tra i membri dei due gruppi. I *sapiens* erano, mediamente, più alti e slanciati, i Neanderthal più

I Neanderthal avevano interazioni sociali sofisticate. Molti indizi fanno anche ritenere che potessero parlare

tozzi: con un volto e una gabbia toracica più larghi, con gomiti e caviglie più grossi, con braccia più corte. Già, ma da un punto di vista culturale e cognitivo, c'erano differenze? E se sì, quali? Conosciamo l'esistenza dei Neanderthal fin dal 1856, quando Johann Fuhlrott scoprì il primo resto fossile di un individuo di questa specie umana diversa dai *sapiens* in una grotta lungo il fiume Düssel, nella valle di Neanderthal, in Germania. Per molto tempo abbiamo pensato che questi uomini, che hanno abitato l'Europa per alcune centinaia di migliaia di anni prima di scomparire piuttosto improvvisamente intorno a 39.000 anni fa, fossero non solo piuttosto primitivi, ma avessero capacità cognitive molto inferiori a quelle di noi *sapiens*.

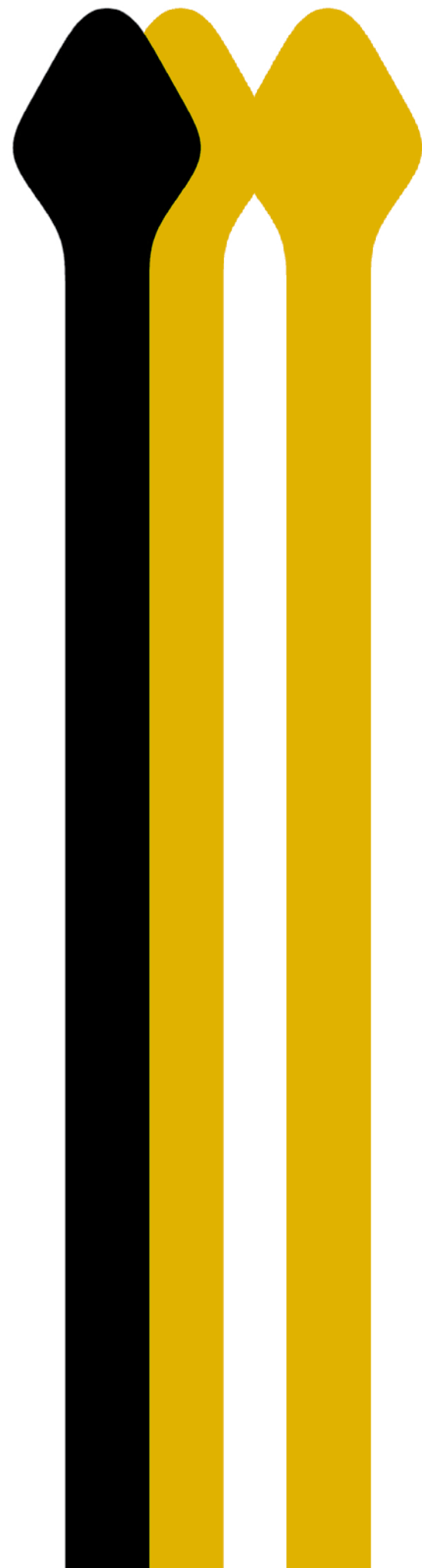
Nel corso del tempo, però, con una vistosa accelerazione negli ultimi anni e persino negli ultimi mesi, abbiamo scoperto un quadro molto più complesso e intrigante, che possiamo ritrovare ricostruito in maniera dettagliata in un re-



cente libro, *Mio caro Neanderthal*, scritto da Silvana Codemi e François Savatier e pubblicato da Bollati Boringhieri. Un quadro che possiamo sintetizzare in tre punti.

1. Anche i Neanderthal hanno una storia. Ed è la storia evolutiva di una specie che ha abitato l'Europa e l'Asia molto simile a quella delle specie umane rimaste in Africa da cui sono nati i *sapiens*. In particolare, oggi sappiamo che hanno avuto un analogo processo di encefalizzazione che li ha portati ad avere un cervello grande, in volume, quanto quello dei *sapiens*. Non sappiamo, ovviamente, se a quel medesimo volume corrispondesse un omologo cervello, ovvero un cervello con capacità cognitive uguali. Inoltre, hanno avuto una storia culturale che ha subito una forte accelerazione intorno a 50.000 anni fa.

2. I Neanderthal avevano interazioni sociali sofisticate, intessute attraverso diversi canali di comunicazione. Ma la domanda, che si pongono anche Codemi e Savatier, è: quei nostri antichi cugini parlavano? Possedevano un linguaggio articolato come il nostro? Dall'analisi dei crani risulta evidente che possedevano sia l'area di Broca sia l'area di Wernicke, due aree deputate nel nostro cervello all'uso e alla comprensione del linguaggio. Inoltre, lo studio di un fossile ritrovato nel 1983 nella grotta di Kebara, in Israele, ha consentito di stabilire che i Neanderthal possedevano non solo un osso ioide – l'osso cui è collegata la lingua – simile al nostro, ma anche che, proprio come noi, lo sottoponevano a sollecitazioni frequenti tutti i giorni. Insomma, da un punto di vista fisiologico potevano parlare. E, a quanto pare, lo facevano. Come facciamo a dirlo? Non ci sono evidenze dirette. Ma moltissimi indizi sì. Per esempio genetici. Certo, i Neanderthal avevano un DNA un po' diverso dai *sapiens*. In particolare possedevano 87 geni diversi dai nostri. Avevano, però, un gene, il FOXP2, che è largamente coinvolto nella nostra espressione del linguaggio. Ebbene, il FOXP2 si trova nei Neanderthal in una forma identica al nostro. Continuiamo a non sapere se articolassero un parlare ricco e forbito come il nostro, ma avevano sia l'apparato fonatorio, sia la struttura cerebrale sia i geni



giusti per farlo. Alcuni sostengono, però, che non avessero “tutti i geni giusti”. Tuttavia la plasticità del cervello e, tutto sommato, la scarsa conoscenza che abbiamo del rapporto tra genetica e funzioni cerebrali, suggerisce di non trarre affrettate conclusioni. Ma un ulteriore indizio è quello culturale.

I Neanderthal avevano capacità cognitive molto sviluppate. Sapevano, per esempio, lavorare le pietre e utilizzarle per confezionare lance e frecce con efficacia e sapienza come i *sapiens*. E questa lavorazione implicava una trasmissione del *know how* che difficilmente poteva avvenire solo per osservazione. È molto probabile che fosse necessaria la parola per trasferire conoscenze così sofisticate.

Inoltre, possedevano una cultura simbolica non meno importante. E possedevano questa cultura e questa tecnologia già prima di incontrare i *sapiens*. Cinquantacinquemila anni fa, in Israele. In particolare, oggi sappiamo che già 200.000 anni fa – e forse ancor prima – utilizzavano pigmenti liquidi per colorare e, probabilmente, per colorarsi: antesignani della *body art*. Sappiamo inoltre che già 90.000 anni fa erano capaci di ottenere funi e corde intrecciando fibre sia di origine animale che vegetale, che fabbricavano proiettili come armi e che cucinavano il cibo; che già prima di 50.000 anni fa seppellivano i loro morti con un complesso rituale ed erano capaci di estrarre pigmenti colorati dalle conchiglie. Sappiamo anche che avevano un gusto estetico sviluppato: realizzavano collane e gioielli per abbellire il corpo. E, probabilmente, conoscevano la musica. Al Museo nazionale di Lubiana è possibile ammirare un osso cavo di orso con dei buchi che risale a 55.000 anni fa, trovato in un sito frequentato da Neanderthal e che molti pensano possa essere un flauto. Nel qual caso sarebbe il primo strumento musicale conosciuto.

3. Negli ultimi mesi questo panorama si è clamorosamente arricchito. Nella Cueva de los Aviones, nel sud-est della Spagna, sono state rinvenute conchiglie ornamentali e i pigmenti di ocre rossa, elementi di base per collane dai molti colori, realizzate dai Neanderthal. Ebbene, Dirk Hoffmann (*Max Planck Institute* di Lipsia) e Diego Angelucci (Università

di Trento), con altri tre colleghi paleoantropologi dimostrano, con un articolo pubblicato lo scorso febbraio su *Science*, che quei manufatti risalgono a 115.000 anni fa, forse 120.000. Sono state realizzate almeno 20.000 se non 40.000 anni prima che qual-



I Neanderthal possedevano una cultura complessa prima dei *sapiens*. La nostra specie apprenderà dalla loro cultura

cosa di analogo fosse confezionato da *Homo sapiens*. Dirk Hoffmann e un vasto gruppo di altri colleghi ha anche datato le pitture rupestri di La Pasiega (Cantabria), gli stampini per dipingere mani rinvenuti a Maltravieso in Estremadura, i dipinti rossi di Ardales, in Andalusia. E in un articolo pubblicato sul medesimo numero di *Science* dimostrano che tutti questi manufatti risalgono a circa 65.000 anni fa. E sono, senza dubbio, opera dei Neanderthal. Realizzate almeno 20.000 anni prima che *Homo Sapiens* giungesse in Europa e iniziasse a dipingere le grotte. Dunque non c'è dubbio: non solo i Neanderthal possedevano una cultura e una tecnologia sviluppate non dissimile da quella dei *sapiens*. Ma questa cultura e queste tecnologie sono state sviluppate in maniera indipendente da *Homo sapiens*. Talvolta persino prima. La domanda a questo punto è: si tratta di un caso di convergenza evolutiva? Detto in altro modo: i Neanderthal e i *sapiens* sono arrivati agli stessi risultati culturali in maniera indipendente, oppure quei risultati sono il frutto di contaminazione culturale? E in questo secondo caso, chi ha trasferito conoscenze a chi? Le recenti scoperte sembrerebbero ribaltare l'antico paradigma. I Neanderthal possedevano una cultura complessa prima dei *sapiens* e sarebbe stata la nostra specie ad apprendere dalla loro. Già, per quanto clamoroso questo risultato sarebbe congruente con la cronologia delle migrazioni di *Homo sapiens*.

Ma ecco che, alla fine dello scorso mese di gennaio, il già citato Israel Herskovitz e il suo gruppo di ricerca hanno proposto, in un nuovo articolo su *Science*,

una storia affatto diversa. L'articolo è intitolato *The earliest modern humans outside Africa*: i primi uomini moderni usciti dall'Africa. E riguarda il ritrovamento di resti fossili di *Homo sapiens* sul Monte Carmelo, sempre in Israele, risalenti a 177.000 anni fa. I nostri antenati sarebbero, dunque, usciti dall'Africa almeno 40.000 anni prima di quanto finora considerato. E subito, in Medio Oriente, avrebbero incontrato i Neanderthal.

A questo punto, sulla base di fatti noti, sono possibili tre ipotesi. A portare la gran parte delle nuove conoscenze sono stati i *sapiens* ai Neanderthal, che se ne sarebbero impadroniti e le avrebbero diffuse nell'areale europeo. Oppure è il contrario: i *sapiens* usciti dall'Africa avrebbero appreso dai più avanzati cugini come si fa e avrebbero portato le nuove conoscenze acquisite nelle terre in cui si sono diffusi. Oppure, terza e forse più plausibile opzione, la cultura dei Neanderthal e dei *sapiens* sarebbe il frutto di una co-evoluzione. Di una reciproca e fortunata contaminazione. In definitiva, le recenti scoperte hanno reso non solo più ricca, ma anche più complicata la storia dei Neanderthal e, contemporaneamente, la nostra storia. Resta un'ultima domanda: perché allora i Neanderthal, gli europei più antichi della storia, così simili a noi, all'improvviso sono scomparsi, intorno a 39.000 anni fa, lasciando il campo completamente libero ai *sapiens*? Alcune risposte del passato sembrano poco plausibili. È difficile che siano stati oggetto di uno sterminio, visto che per millenni *sapiens* e Neanderthal hanno convissuto e persino amoreggiato in diverse zone dell'Europa e dell'Asia. È difficile anche affermare che i *sapiens* siano sopravvissuti grazie alle loro superiori capacità cognitive e alla superiore tecnologia. Di questa superiorità non c'è traccia né fossile né genetica. E allora una risposta possibile è: la contingenza. Intesa alla Stephen Jay Gould. Per qualche carattere che noi non conosciamo ancora, rivelatosi adatto per fronteggiare un brusco cambiamento ambientale, i *sapiens* sono stati più fortunati dei Neanderthal e di tutte le altre specie che, intorno a 40.000 anni fa, rendevano ricco e frondoso il cespuglio del genere umano sul pianeta Terra.

Le infinite strade dell'evoluzione

Francesca Buoninconti

Che l'evoluzione segua logiche funzionali a precise finalità e obiettivi secondo una ideale linea di progresso, è ancora oggi uno dei malintesi più diffusi nell'immaginario comune. Essa procede invece per tentativi ed "errori", si può ripetere ciclicamente o può "riavvolgersi". Al di là delle inesattezze che ancora circolano su questa teoria, dopo un secolo e mezzo lo studio dell'evoluzione della vita sulla Terra è tutt'altro che concluso. Anzi, è un campo di ricerca fertile, che non smette di rivelare sorprese

Quindici scellini. Tanto costava il libro che avrebbe rivoluzionato per sempre la storia scientifica e non solo. Era il 24 novembre 1859 e le 1.250 copie de *L'origine delle specie* dell'allora cinquantenne Charles Darwin avevano invaso le librerie londinesi. Per la prima volta nella storia, la comunità scientifica lesse nero su bianco la teoria dell'evoluzione. La teoria che avrebbe soppiantato per sempre il concetto dell'immutabilità delle specie generate da un Creatore. All'epoca non si conoscevano ancora le basi dell'ereditarietà, i geni o il DNA. Ma Darwin riuscì lo stesso a intuire che, generazione dopo generazione, i "caratteri ereditabili" si modificano. E che l'accumulo di questi cambiamenti – sfoliti dalla selezione naturale, dalla selezione sessuale e dalla deriva genetica – poteva portare alla nascita di una nuova specie. In poco più di un secolo, la scienza trovò ulteriori conferme, quei tasselli mancanti che avrebbero rivelato quanto Darwin ci aveva visto lungo. Dapprima iniziarono a spuntare fossili di specie che nessuno aveva mai visto in vita, poi furono rispolverate le leggi di Mendel sull'ereditarietà dei caratteri e infine venne scoperto il DNA e fu sequenziato un gene per la prima volta, dando finalmente un'identità ai caratteri ereditabili. Nel corso del tempo la teoria dell'evoluzione, però, è stata spesso distorta. E non sono pochi gli errori, anche grossolani, che sono ormai impressi nella memoria della cultura popolare. Uno su tutti è l'immagine nota come "marcia del progresso". Apparsa per la prima volta nel 1965 in un libro dell'antropologo Francis Clark Howell, illustrato dal disegnatore Rudolph Zallinger, la "marcia del progresso" rappresentava una serie di ominidi in fila, da sinistra verso destra, man

mano sempre più eretti e meno coperti di peli. Fino ad arrivare a *Homo sapiens*. Da quel momento quest'immagine è diventata un'icona pop, declinata in centinaia di modi in ogni parte del mondo. Ma il suo successo è pari almeno alla sua inesattezza. Primo perché rappresenta l'evoluzione come finalistica. Accosta il concetto di evoluzione al significato di progresso, quando invece non c'è intenzionalità nell'evoluzione. Né tantomeno le nuove specie sono migliori di quelle passate. Sono semplicemente adatte all'ambiente in cui vivono, nel tempo in cui vivono. Il secondo motivo per cui la "marcia del progresso" è completamente sbagliata è perché rappresenta l'evoluzione come un processo lineare.

L'evoluzione non va da nessuna parte, intenzionalmente. Né procede in linea retta. Siamo noi che ne abbiamo questa percezione, quando la accostiamo al concetto di tempo. L'evoluzione, invece, procede per tentativi ed "errori": le famose mutazioni genetiche. E, come vedremo, si può ripetere ciclicamente o può "riavvolgersi". Ma sicuramente non è una linea retta che va da un punto, vecchio e obsoleto, a un altro punto, nuovo e migliore. Potrebbe assomigliare piuttosto a un albero, a un cespuglio, alla cui base c'è il progenitore comune di tutti gli esseri viventi. E nella cui chioma ci sono tantissimi rami intricati, intrecciati l'uno con l'altro. Alcuni morti (specie fossili) e altri vitali da cui potrebbero nascere nuovi ramoscelli. Ovvero le specie che oggi conosciamo. A potare questo intricato cespuglio intervengono la selezione naturale e quella sessuale.

In ogni caso, per quante inesattezze circolino ancora su questa teoria, dopo un secolo e mezzo lo studio dell'evoluzione



della vita sulla Terra è tutt'altro che concluso. E anzi, è un campo di ricerca fertile, che non smette di rivelare sorprese. Nella maggior parte dei casi, ad attirare l'attenzione di biologi ed evoluzionisti, è stata la speciazione. Ovvero il



L'evoluzione potrebbe assomigliare a un albero, a un cespuglio alla cui base c'è il progenitore comune di tutti gli esseri viventi

meccanismo che permette la nascita di nuove specie. Un fenomeno che può avvenire, per esempio, quando i membri di una popolazione – a causa di mutazioni genetiche o isolamento geografico – non possono più accoppiarsi tra loro. È quello che è successo, per esempio, per le 14 specie di uccelli noti come fringuelli di Darwin, derivate da un unico progenitore. Questi uccelli, nonostante ne portino il nome, non attirarono da subito le attenzioni del celebre scienziato inglese. Darwin, infatti, inizialmente sbagliò a catalogare questi fringuelli delle isole Galapagos, appartenenti alla famiglia *Geospizinae*, e non si appuntò neanche l'isola di provenienza. Fu l'ornitologo John Gould, qualche anno dopo, a fargli notare che erano un esempio da manuale di speciazione per radiazione adattativa a partire da un antenato comune. I fringuelli di Darwin sono, infatti, 14 specie di passeriformi tutte endemiche delle Galapagos, tranne una, endemica del Costa Rica (*Pinaroloxias inornata*). La caratteristica principale che li distingue è la morfologia del becco. Un tratto legato a doppio filo all'utilizzo delle risorse alimentari. È stata proprio tale caratteristica a guidare la speciazione di questo gruppo, che nel corso della sua storia biologica ha occupato le varie isole dell'arcipelago ecuadoregno. E soprattutto ha colonizzato tutte le nicchie ecologiche disponibili, differenziandosi in decine di forme. Ha subito quindi quella che i biologi chiamano radiazione adattativa. I fringuelli di Darwin, infatti, hanno occupato ambienti terricoli e arboricoli, si sono diversificati per la forma del becco, per il tipo di alimentazione e pure per il canto. Fino a quando non è intervenuto l'isolamento riproduttivo e sono diventate almeno 14 specie separate. Almeno, perché secondo le analisi genetiche potrebbero essere 17.

Negli ultimi anni, infatti, negli studi sulla speciazione è

entrata anche la genetica. E non è raro che le analisi sempre più dettagliate confermino, disdicano o mischino le carte in tavola. Per esempio sono state spesso “splittate” (divise) in due specie – o più sottospecie – quelle che all’occhio umano sembravano una sola. Ed è successo innumerevoli volte. Ma un recente studio sul corvo imperiale (*Corvus corax*), pubblicato a marzo su *Nature Communication* da un team di scienziati dell’Università del Maryland e dell’Università di Oslo, ha dimostrato ancora una volta quanto poco sappiamo dei meccanismi evolutivi. E ha scardinato ancor di più quell’idea di “evoluzione = progresso”. Perché l’evoluzione non è detto che vada “avanti”, ma può anche tornare sui suoi passi. Può “riavvolgersi” come il nastro di una vecchia cassetta musicale in un *rewind*. Accade quando due specie che si erano separate si riuniscono di nuovo a formarne una sola, ibridandosi tra loro. Un fenomeno chiamato speciazione inversa, che potrebbe essere molto più frequente di quanto pensato: potrebbe essere avvenuta centinaia o anche migliaia di volte nella storia evolutiva delle specie di tutto il Pianeta. Il corso degli eventi che ha portato a questa scoperta comincia vent’anni fa. Nel 1999 Kevin Omland, autore dello studio, iniziò a tracciare la storia evolutiva del corvo imperiale. All’epoca questa specie cosmopolita era ritenuta appunto un’unica specie. Dopo un anno, però, Omland identificò degli indizi genomici che suggerivano la possibile esistenza di due rami evolutivi differenti. Uno originario del Vecchio mondo (Europa, Asia centro-settentrionale e coste mediterranee dell’Africa), ma diffuso anche in gran parte degli Stati Uniti, che chiamò “olartico”. E uno presente solo nel Nuovo mondo, ma limitatamente agli Stati Uniti sud-occidentali e al Messico, che indicò come lignaggio “California”. Ma man mano che la ricerca andava avanti, la storia evolutiva dei corvi imperiali americani si è infittita sempre più. Poco dopo, infatti, due studenti universitari del laboratorio di Omland – Jin Kim e Hayley Richardson – iniziarono ad analizzare il DNA mitocondriale (quello ereditato esclusivamente per via materna, ndr) di circa 500 corvi americani, ben 441 provenienti da

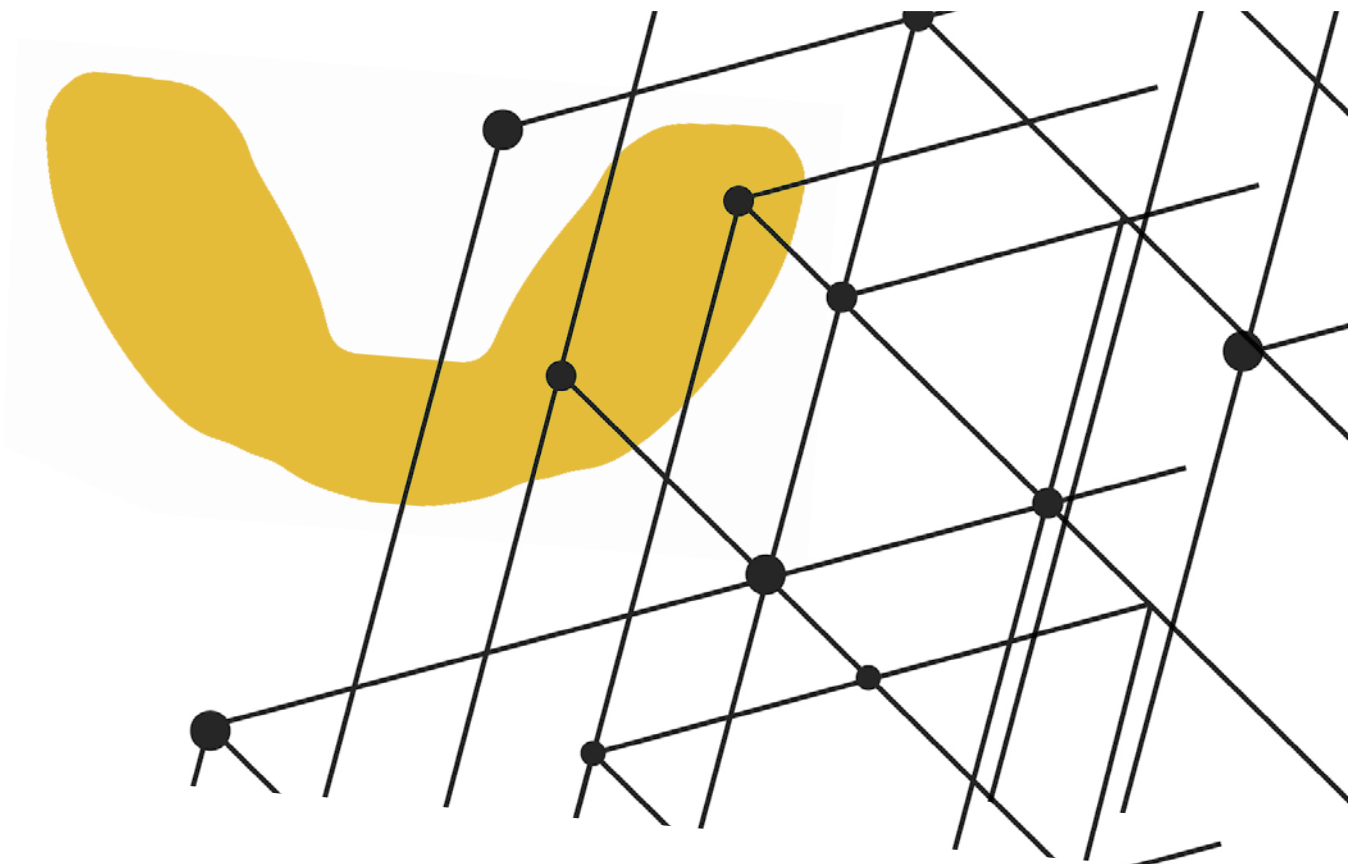
ogni parte degli Stati Uniti, 35 dall’Europa e 14 dalla Groenlandia. Dalle analisi scoprirono che i due lignaggi che Omland aveva diviso avevano, in realtà, del DNA mitocondriale in comune. E la spiegazione



L’evoluzione va “avanti”? Non è detto, può anche tornare sui suoi passi: è il caso della speciazione inversa

poteva essere solo una: i due lignaggi si mescolavano e incrociavano spesso. Serviva perciò approfondire la questione. Così dal 2012, grazie a un finanziamento del *Norwegian Research Council*, il team di Omland ha ampliato le ricerche e ha sequenziato anche il genoma nucleare (quello che si trova nel nucleo delle cellule, ereditato da entrambi i genitori, ndr) di 218 esemplari di corvo. E dalle analisi è emersa una storia evolutiva ancora più complessa. Stando ad esse, circa 1,5 milioni di anni fa i lignaggi California e Olartico si separarono per speciazione. Ma alcune decine di migliaia di anni fa, il loro cammino evolutivo è tornato a unirsi. La speciazione si è invertita e i due lignaggi hanno cominciato a ibridarsi, fino a formare un’unica specie. Questa speciazione inversa, però, non ha interessato la totalità della popolazione dei corvi appartenenti al lignaggio California. Una parte di questi, infatti, ha continuato a differenziarsi dando vita a una terza specie: quella che oggi è conosciuta come il corvo imperiale del Chihuahua (*Corvus cryptoleucus*), che vive negli Stati Uniti centro-meridionali e nel Messico centro-settentrionale.

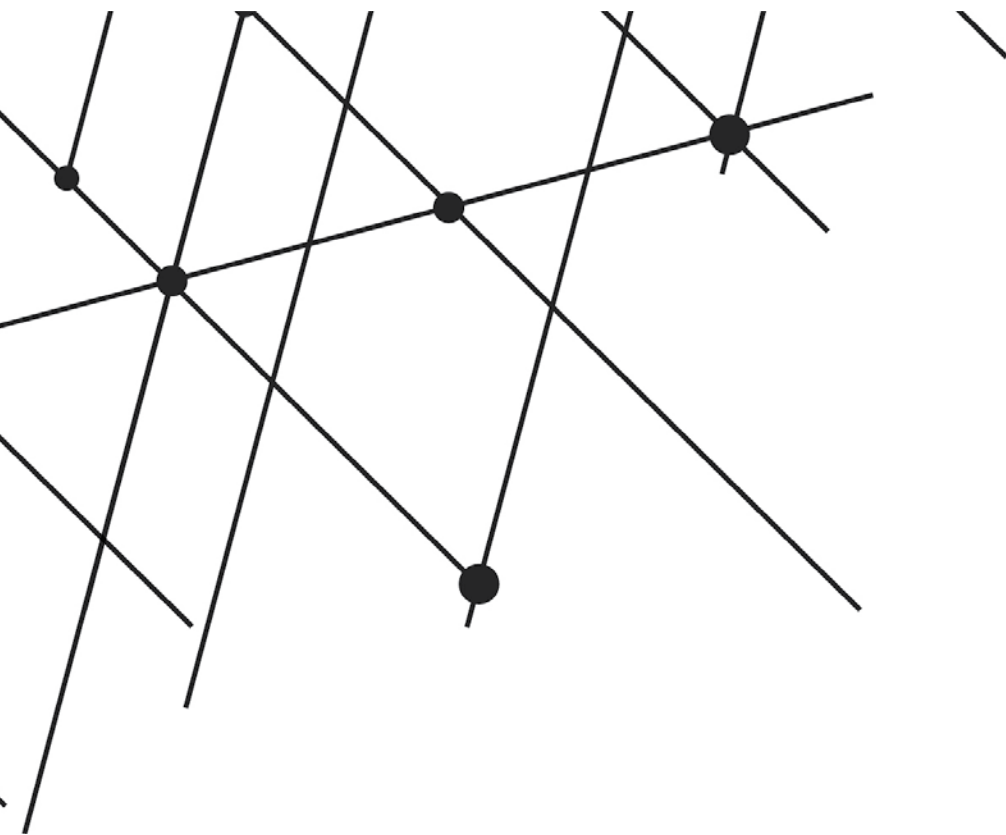
Ricapitolando, oggi in America vivono due specie di corvi imperiali: i *Corvus corax*, frutto della speciazione inversa e dell’unione di quelle che erano le specie California e Olartico, e i *Corvus cryptoleucus*, dall’origine singolare. La nascita di quest’ultima specie, infatti, è avvenuta nonostante la notevole sovrapposizione di areale con il lignaggio California. In assenza quindi di una separazione geografica, devono essere intervenuti altri fattori per dar luogo alla speciazione. E l’ipotesi avanzata è che, in questa storia di speciazione inversa, potrebbe essere inter-



venuta anche la mano dell'uomo. Per confermare o smentire questa ipotesi, il team analizzerà il genoma dei corvi americani dei primi anni del '900, conservati in uno degli scrigni di DNA e biodiversità più preziosi dell'America: il Centro per la genomica della conservazione dello *Smithsonian Institution*. E se dal confronto emergerà che i corvi conservati allo *Smithsonian* hanno un genoma simile a quelli odierni, in cui i due lignaggi Olartico e California si mescolano, allora sarà improbabile che gli spostamenti della civiltà umana nel corso dell'ultimo secolo abbiano avuto un ruolo in tutta questa faccenda. Ma se da un lato queste pieghe dell'evoluzione sono quasi imprevedibili e spesso serve la genetica per portarle a galla, dall'altro ci sono casi in cui l'evoluzione può essere invece altamente prevedibile. E persino ricorrente. Dove? Su un'isola, o meglio un arcipelago:

da sempre il laboratorio ideale per l'evoluzione. A quasi 4.000 km dalla terraferma, le Hawaii sono una meta da sogno non solo per i turisti, ma anche per i biologi evolucionisti, grazie alla varietà di forme animali e vegetali che vi si sono insediate da 5 milioni di anni a questa parte. Tra di esse ci sono le 15 specie di ragni stecco appartenenti al genere *Ariamnes*, che vivono nelle foreste delle isole di Kauai, Oahu, Molokai, Maui e Hawaii.

Questi artropodi dalle zampe sottili e con un addome dalla forma allungata, aspettano che siano altri ragni a costruire la tela e a catturare gli insetti, per poi rubarglieli. E nonostante siano aracnidi notturni, sono coloratissimi. Ma la particolarità che ha attirato gli scienziati è che su ciascuna delle isole hawaiane, gli *Ariamnes* si presentano leggermente diversi nella forma: c'è chi ha un addome più allungato, chi più pro-



nunciato verso il basso e chi ha zampe lunghissime. Ma su tutte e cinque le isole, i ragni *Ariamnes* sono sempre e soltanto di tre colori caratteristici: marrone scuro, bianco opaco e oro scintillante. Colorazioni che consentono a questi artropodi di mimetizzarsi rispettivamente su rocce o cortecce, sulla pagina inferiore delle foglie o sui licheni. E di evitare, così, i loro principali predatori: gli uccelli della famiglia dei Drepanididini, chiamate anche reginette hawaiane. Un altro mirabile esempio di radiazione adattiva. Si potrebbe pensare, quindi, che qualche milione di anni fa tre specie di *Ariamnes*, una per colore, si siano diffuse in tutto l'arcipelago, diversificandosi poi leggermente nella forma e dando vita a 15 specie differenti. Ma uno studio pubblicato a marzo sulla rivista *Current Biology*, ha rivelato una storia molto più complessa e sorprendente. Queste 15 specie sa-

rebbero il frutto di un'evoluzione ripetuta. Un raro caso di ecomorfismo: specie simili nella morfologia e nel comportamento, che occupano la stessa nicchia ecologica, ma non sono per forza strettamente imparentate. Quindi, ogni volta che un ragno stecco è arrivato su una nuova isola si è differenziato in specie diverse, ma sempre e solo di questi tre colori. Ancora e ancora. Senza aggiungere nessuna variazione: niente strisce, puntini o macchie. Con un ritmo – evolutivamente parlando – velocissimo. Un fenomeno possibile solo quando la specie è dotata di una certa plasticità del pool genico, che le consente di rispondere agli stimoli ambientali. Per esempio, un *Ariamnes* appartenente a una specie di colore scuro che raggiunga una nuova isola può diversificarsi in nuove specie di ragni scuri, dorati e bianchi, molto prima che altri ragni color oro o bianchi della vecchia

isola abbiano il tempo di raggiungere quella nuova. Il risultato è che tutte le specie di ragni presenti su un'isola sono molto più imparentate tra loro, anche se di colore e forme diverse, rispetto alle specie dello stesso colore, ma che abitano su altre isole dell'arcipelago hawaiano.

Così, i ragni stecco dorati dell'isola di Oahu sono più strettamente imparentati con i ragni marroni o con quelli bianchi presenti sulla stessa isola. Che con i ragni dorati delle isole di Kauai o Molokai. Sono, appunto, quello che gli ecologi chiamano ecomorfi. E per scoprirlo, sono servite le accurate analisi genetiche condotte da Rosemary Gillespie, ecologa evolutiva dell'Università della California di Berkley a capo dello studio. Gli ecomorfi, infatti, sono molto rari e poco studiati. Tanto che al mondo, oltre ai ragni *Ariamnes*, appena catalogati come tali, ce ne sono solo altri due esempi: il ramo hawaiano del genere *Tetragnatha* di ragni dalla lunga mascella e le lucertole del genere *Anolis* delle Grandi Antille.

Ancora una volta le isole si dimostrano la fucina dell'evoluzione, che si diverte a dar luogo a radiazioni adattative, come per i fringuelli di Darwin, o convergenze adattative, in cui due specie diverse evolvono indipendentemente l'una dall'altra la stessa strategia per occupare una certa nicchia ecologica. Fino agli ecomorfi: specie che condividono gli stessi tratti ecologici e morfologici. Sarebbero state, quindi, le stesse caratteristiche ambientali delle Hawaii a guidare la speciazione ripetuta di questi aracnidi. Come se ci fossero solo alcuni "bivi" giusti per questi ecosistemi e l'evoluzione li avesse imboccati ripetutamente, diventando in questo caso prevedibile. Secondo lo studio, dunque, i ragni stecco *Ariamnes* avrebbero una sorta di interruttore pre-programmato nel loro DNA, che può essere attivato per consentire loro di evolvere rapidamente in queste tre ecomorfi. Ma come potrebbe funzionare questo processo non è ancora chiaro. Ora la sfida è proprio quella di capire quali elementi dell'evoluzione di questi ragni sono prevedibili e in quali circostanze l'evoluzione può andare esattamente nella direzione prevista. Senza dimenticare mai, che l'evoluzione non ha un fine, né una fine.



Luca Ciabatta - Ex centrale termoelettrica di Pietrafita

ERC: finanziare la ricerca di frontiera a livello europeo

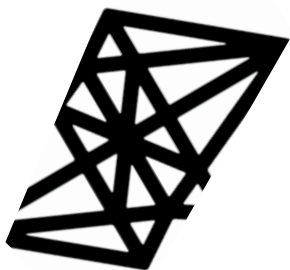
Stefano Porciello

*L'European Research Council è uno degli esperimenti più avanguardistici di finanziamento della ricerca scientifica in Europa. Oltre agli eccellenti risultati, ha permesso a una generazione di studiosi di portare avanti ricerche ambiziose e promettenti. Come funziona? Cosa significa per un ricercatore vincere un *ERC grant*? Perché molti ricercatori italiani usano i loro finanziamenti nelle università straniere? Un viaggio nel mondo ERC con il contributo di Giulio Biroli e Silvia Schievano*

«Un ulteriore investimento europeo in ricerca e innovazione, massimizzando il suo impatto, è probabilmente la migliore opzione che ha l'Europa di offrire soluzioni e un futuro di benessere ai suoi cittadini». È quanto ha scritto Pascal Lamy nella prefazione al rapporto *LAB-FAB-APP – Investire nel futuro europeo che vogliamo*, richiesto dalla Commissione europea per elaborare la strategia dei finanziamenti alla ricerca dal 2020 in poi. «Il nostro messaggio principale è che investire in ricerca e innovazione è sempre più cruciale per dare forma a un futuro europeo migliore in un mondo in rapida globalizzazione, dove il successo dipende sempre di più dalla produzione e conversione della conoscenza in innovazione». Sarà davvero così il futuro? Riuscirà la ricerca europea a farci stare meglio? Per il momento, nonostante l'Europa possieda solo il 7% della popolazione e il 24% del PIL mondiale, riesce a produrre circa il 30% delle pubblicazioni scientifiche, riporta *LAB-FAB-APP*. Che non a caso parla dell'Europa come una «potenza scientifica globale», che tuttavia non riesce a capitalizzare veramente la conoscenza che già possiede e ogni anno produce. L'*European Research Council* (ERC) è sicuramente tra i più importanti dispositivi creati a livello europeo per sostenere la ricerca scientifica. Grazie alle sue borse milionarie, che vengono assegnate ogni anno con riguardo soltanto all'eccellenza scientifica, sono stati finanziati più di 7000 progetti in dieci anni. Uno studio indipendente, basato su un campione di 199 progetti già conclusi, ha valutato che nel 70% dei casi questi lavori hanno portato a una svolta o a un avanzamento considerevole della ricerca scientifica, e

non a caso una buona parte degli articoli scientifici correlati alle borse ERC sono riusciti a rientrare nell'1% delle pubblicazioni più citate al mondo. Quattro borsisti hanno vinto la Medaglia Fields dopo essere stati finanziati e tra i «suoi» ricercatori l'ERC può vantare anche sei premi Nobel e cinque premi Wolf. La stampa italiana parla dell'ERC periodicamente, praticamente ogni volta che i suoi prestigiosi *grant* vengono assegnati ai ricercatori di tutta Europa. La notizia tuttavia, anno dopo anno, è sostanzialmente la stessa: moltissimi nostri connazionali vincono i finanziamenti grazie alle ottime idee delle loro ricerche, ma una gran parte di loro lavora all'estero e porta in dote alle università ospitanti questi ricchi premi. Ma cosa significa per un ricercatore vincere un *ERC grant*? Come sono usati i fondi che l'Europa affida agli studiosi? Quanto è importante il contributo europeo alla ricerca scientifica?

Creato nel 2007, l'ERC è diventato uno strumento d'avanguardia per sostenere la «ricerca di frontiera» in Europa. Si tratta di un'agenzia in grado di offrire diversi tipi di finanziamento per coprire fino a cinque anni di ricerca. Le borse sono personali e vengono affidate a un *Principal Investigator* (il ricercatore) sulla base del suo curriculum e del progetto di ricerca. A seconda dell'anzianità si «gioca» in categorie diverse: gli *Starting grant* sono disegnati per i più giovani e arrivano fino a 1,5 milioni di euro i *Consolidator* possono raggiungere i 2 milioni mentre gli *Advanced* – per ricercatori affermati pronti a portare avanti un progetto di ricerca pionieristico e rischioso – arrivano fino a 2,5 milioni. Esistono poi altri due tipi di *grant*: il *Synergy* può finanziare fino a 10 milioni di euro piccoli gruppi di



ricercatori, mentre *Proof of concept* serve a produrre applicazioni tecnologiche dalle idee delle ricerche ERC. I finanziamenti sono assegnati secondo l'unico criterio dell'eccellenza: chiunque, in tutto il mondo, può sottoporre la sua proposta di ricerca all'ERC, purché intenda svolgerla in Europa o in uno dei Paesi associati. L'idea è di attrarre i migliori "cervelli" nelle nostre università e dare ai ricercatori europei i mezzi economici per lavorare ai massimi livelli. La valutazione intermedia del progetto europeo *Horizon 2020*, che comprende anche le attività dell'ERC, ha calcolato che l'83% dei progetti finanziati non sarebbe probabilmente potuto andare avanti senza il sostegno dell'Unione Europea. Ma i soldi dell'UE sono davvero così importanti per la ricerca? «Direi che sono fondamentali», afferma Giulio Biroli. «Uno, perché chiaramente funzionano. Sono dei finanziamenti che vengono dati a delle persone di grande rilevanza scientifica, di solito, o a dei giovani con grande potenziale», spiega. Inoltre: «C'è un'attività enorme di ricerca che viene potenziata grazie a ERC a livello europeo. E penso che in Stati che magari funzionano un po' meno bene di altri, come l'Italia, l'ERC può chiaramente aiutare». Perché vincere un ERC, per un giovane ricercatore, può significare portare avanti un progetto di ricerca che altrimenti gli sarebbe precluso.

Che l'Italia abbia dei problemi a mantenere alcuni ottimi ricercatori nei suoi laboratori e nelle sue università è un dato di fatto. Solo nel 2017 le statistiche indicano che, per quanto riguarda gli ERC *Consolidator*, il nostro Paese è al 6° posto, insieme a Israele e Svezia, con 14 *grant* assegna-



Grazie alle borse di ricerca assegnate all'eccellenza scientifica, in dieci anni ERC ha finanziato più di 7000 progetti

ti. Tuttavia, i ricercatori italiani che hanno ricevuto questo premio sono 33: semplicemente, 19 di loro lavorano all'estero. Qualcosa di molto simile è successo, una volta ancora, con gli ERC *Starting grant*: l'Italia si piazza all'8° posto con 14 borse, ma i suoi ricercatori sono invece secondi solo ai tedeschi e hanno vinto 43 *grant*. Per capirci, tra il 2015 e il 2017, più del 50% degli italiani premiati con un *Consolidator* lavora all'estero. La stessa cosa è avvenuta

con l'assegnazione degli *Starting grant* sia nel 2016 che nel 2017. Non si tratta di una regola, ovviamente, ma nessun altro dei "grandi Paesi" – Germania, Francia, Regno Unito – sperimenta un fenomeno simile. Anzi, nel Regno Unito talvolta accade il contrario: sia nel 2016 che nel 2017 la maggior parte degli *Starting* e *Consolidator grant* sono stati assegnati a studiosi stranieri. Evidentemente, la forte attrattività delle università inglesi premia proprio l'unico Paese che ha deciso di uscire dall'UE. Giulio Biroli è ingegnere all'*Institut de Physique Théorique* di Saclay, nonché professore associato dell'*École normale Supérieure* di Parigi. Dal dottorato in poi, ha sempre lavorato in Francia e ha passato un anno negli Stati Uniti. Nel 2011 ha vinto circa un milione di euro con un ERC *Consolidator* ed è uno dei tredici studiosi della collaborazione *Cracking the Glass Problem* promossa con 10 milioni di dollari dalla *Simons Foundation*.

Era stato lui, insieme a Roberta D'Alessandro e Francesco Berto (altri due vincitori di un *Consolidator*) a scrivere una lettera aperta nel 2016, per chiedere una «ristrutturazione radicale del sistema italiano della ricerca» contro quella che chiamavano "desertificazione accademica": il rischio, cioè, che la ricerca italiana si pauperizzasse irreversibilmente perché strozzata dalla mancanza di finanziamenti. Per quanto possa sembrare forte, la loro preoccupazione non era infondata. Tra il 2012 e il 2016, secondo i dati del MIUR, il personale docente in Italia è diminuito di 2.961



È un dato di fatto che l'Italia abbia problemi a mantenere alcuni ottimi ricercatori nei suoi laboratori e nelle sue università

unità, perdendo tra l'altro 5.192 posizioni da ricercatore. La lettera, firmata da molti altri vincitori di un ERC, chiedeva maggiori investimenti, *grant* sostanziosi per i giovani ricercatori, l'attrazione degli studiosi stranieri e un quadro legislativo capace di affrontare le ombre del mondo accademico e offrire una chiara serie di opportunità, anno dopo anno. «Dal punto di vista politico, purtroppo, mi sembra che le reazioni siano state minime», dice Biroli a due anni di distanza. Per lui, di tutte le proposte che avevano fatto, due sono le più importanti. La prima è che l'investimen-

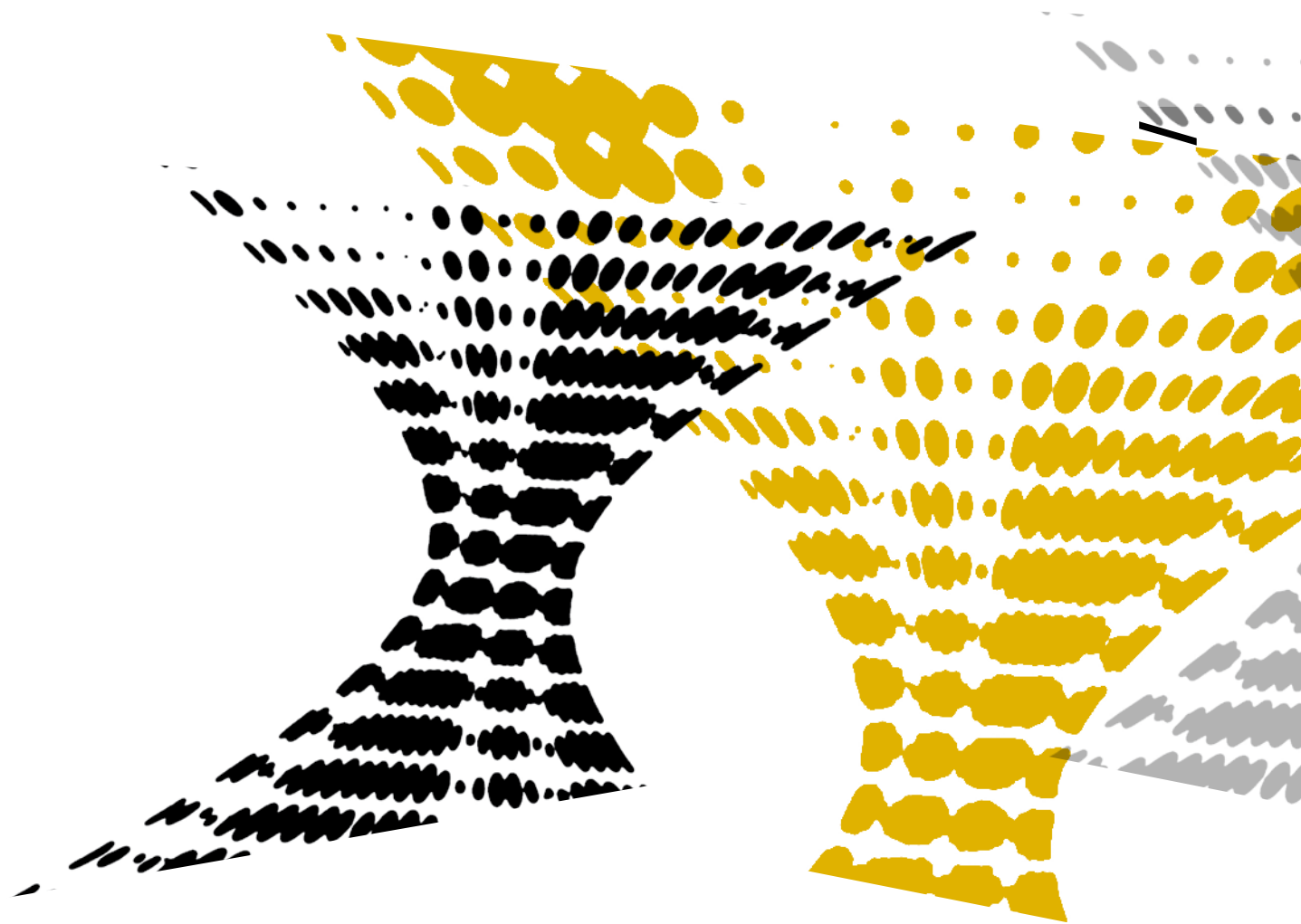
to nella ricerca deve raggiungere il 3% del PIL: un obiettivo fissato dall'UE nei primi anni 2000 con la Strategia di Lisbona, e che non è mai stato raggiunto né in Italia né a livello europeo. La seconda è garantire dei chiari percorsi di carriera, perché i ricercatori «non sanno se, quando e come verranno aperte delle posizioni nelle varie università. In questo modo non possono assolutamente pianificare la loro carriera». In Francia, ad esempio, il CNRS bandisce ogni anno un certo numero di posti per i fisici teorici: è una certezza, che «induce un flusso costante di gente molto brava e internazionale dall'estero», dice Biroli.

Tra coloro che non vogliono assolutamente entrare nella discussione sugli italiani all'estero c'è Silvia Schievano, che lavora come ingegnere biomedico all'interno del *Great Ormond Hospital for Children* e a 39 anni è un'accademica dello *University College* di Londra (UCL). Silvia è arrivata nel Regno Unito nel 2004 cogliendo al volo un'opportunità: «All'epoca c'era un cardiologo che lavorava qui che era interessato a fare degli studi su un *device* con un ingegnere, e quindi ha contattato il Politecnico di Milano». Da allora Silvia lavora all'interno del *Great Ormond Hospital*, continua a ricevere tirocinanti e dottorandi dal Politecnico e intorno a lei si è creato un gruppo internazionale d'ingegneri che collabora con i clinici. Al momento si occupa di malformazioni pe-



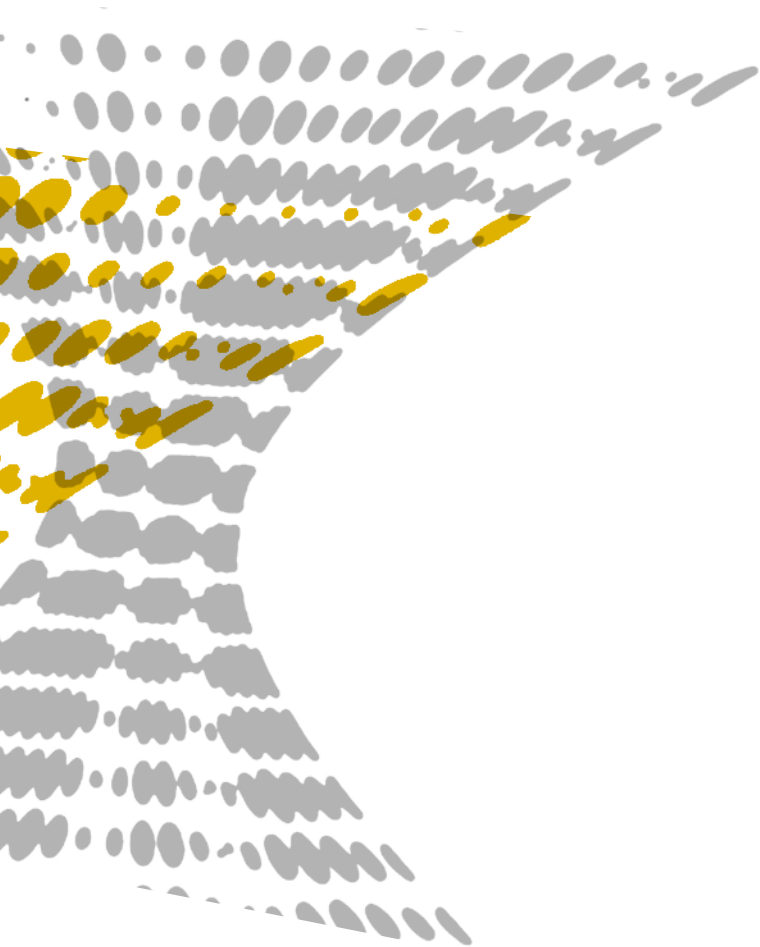
Secondo dati del MIUR, tra il 2012 e il 2016 il personale docente in Italia è diminuito di quasi tremila unità

diatriche del cranio e nel 2017 ha vinto uno *Starting grant* da un milione e mezzo di euro per affrontare la craniosinostosi, una patologia che fa fondere le ossa del cranio del bambino troppo presto, non permettendogli di crescere. «Parte dei fondi verrà destinata per comprare da dei semplici computer fino a una macchina che dovrebbe permettere di disegnare questi dispositivi, e di personalizzarli», spiega Schievano. I soldi che non saranno usati per i macchinari o per la produzione dei prototipi servi-



ranno invece ad assumere un clinico e un ingegnere nel gruppo di ricerca. L'obiettivo è riuscire a superare il trattamento convenzionale della malattia – che consiste nel tagliare le ossa in diversi pezzi – con l'aiuto di un «tipo di chirurgia meno invasiva, con possibilità di recupero più veloci» basata su dispositivi ingegneristici personalizzabili. «Per me in quanto teorico, la maggior parte dei soldi viene utilizzata per dei post-doc» spiega invece Giulio Biroli. L'ERC gli ha dato la possibilità di «assumere dei giovani con contratto post-doc molto molto bravi, che hanno veramente dato una spinta notevole alla mia ricerca», dice. Dirigere una ricerca, in fin dei conti, significa riuscire a trovare dei temi che abbiano un futuro e che siano stimolanti per i collaboratori. Il gruppo va animato con idee scientifiche, interazioni, incontri

internazionali per discutere e promuovere le idee. E anche per questo, avere a disposizione un budget importante può essere di grande aiuto: «I soldi ERC mi hanno permesso di spingere la ricerca nel mio campo attraverso varie attività scientifiche: seminari a livello locale, gruppi di ricerca, conferenze, workshop, che sono stati in parte finanziati dal mio ERC, sul tema del mio ERC, e che hanno – penso – contribuito magari non a migliorare, ma comunque ad aumentare le interazioni e lo studio del campo di ricerca a cui era associato l'ERC» racconta Biroli. Ora, con un tasso di successo per *Starting* e *Consolidator grant* che nel 2017 è stato del 13%, candidarsi per un ERC può finire in un nulla di fatto. Ma se l'idea è buona, vale la pena perseverare: sia Biroli che Schievano si sono candidati due volte,



.....

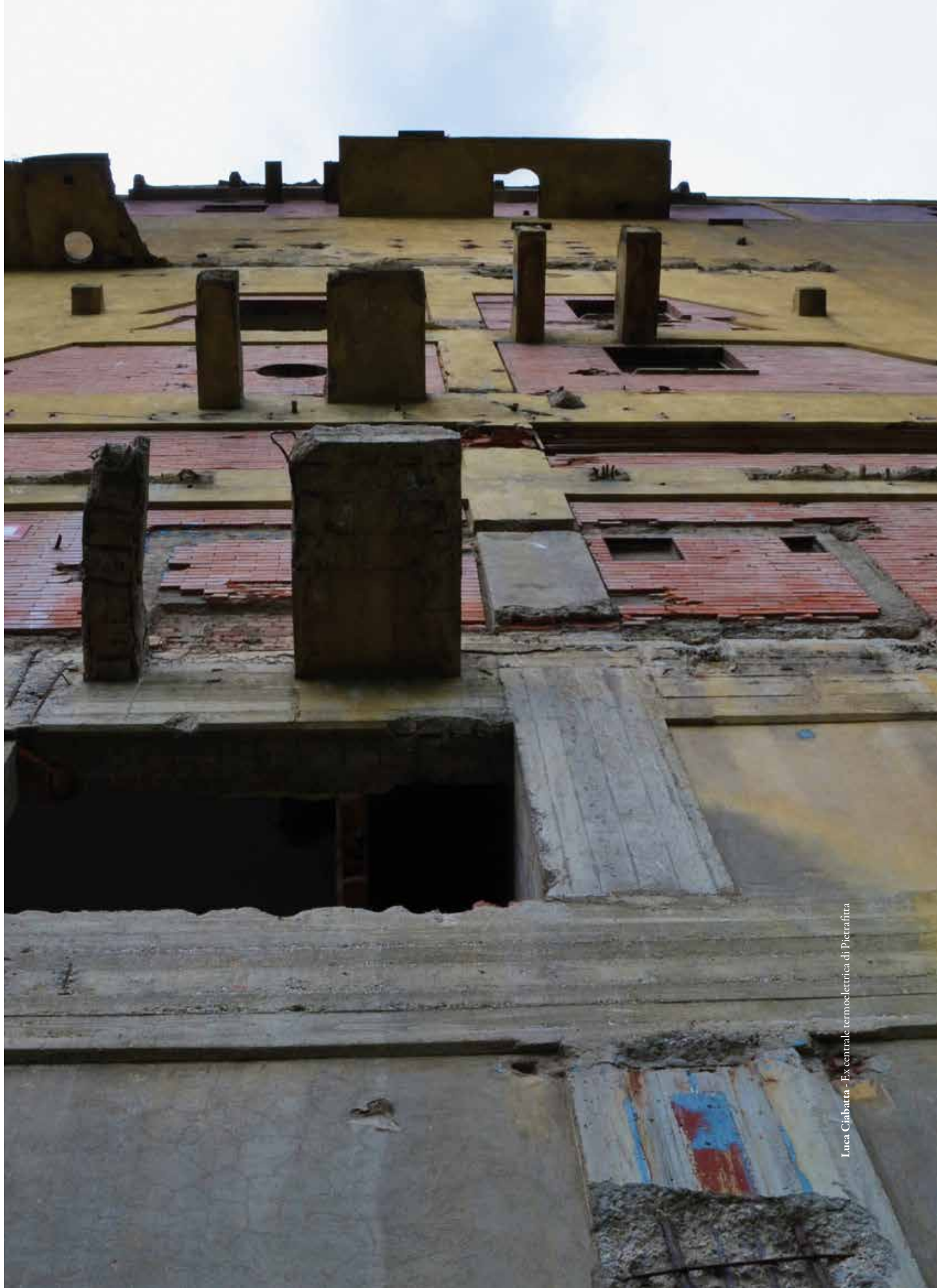
fallendo il primo tentativo e riuscendo il secondo. Silvia racconta che «la qualità è talmente alta a livello di progetto scritto che [vincere] è veramente difficile e ci vuole anche tanta, tanta, tanta fortuna». Una fortuna necessaria soltanto perché tutti gli altri candidati hanno spesso proposte di ricerca eccezionali. «Due consigli: uno è l'idea, che dev'essere fondamentalmente innovativa, e dev'essere interessante», dice Silvia. «Il secondo è la forma, nel senso che devi leggerti un bel po' di *proposal* e capire come sono strutturati, per capire come va scritto». Lei si è fatta aiutare da una collega che dirigeva una ricerca ERC nella sua stessa università: «Avevo visto nel sito della UCL che aveva uno di questi *grant* e sono andata a parlarci per capire com'era. Abbiamo passato qualche ora [insieme], in cui mi ha raccon-

tato bene com'era il processo, com'era stata per lei l'esperienza, e secondo me è molto importante capire da chi lo ha fatto prima di te». Per Giulio, invece, la condizione necessaria per partecipare è avere un progetto basato su un'idea specifica. «Ci sono dei momenti nella carriera di un ricercatore che possono non essere ideali per chiedere un ERC: se ad esempio si stanno esplorando tre o quattro campi diversi e magari, dal punto di vista della ricerca e della carriera, si è in un periodo ottimo, non è quello un buon momento per chiedere un ERC, perché un ERC è veramente una scommessa su un lavoro, su un'idea, un progetto ben specifico e questo a volte uno ce l'ha e a volte non ce l'ha». Secondo lui il lavoro di preparazione del dossier non è più difficile di quello che si fa per candidarsi a tanti altri finanziamenti. «Mi

sembra che chiedono esattamente quello che chiederebbe uno scienziato per sapere se un progetto conta oppure no», dice: «[ERC] sembra veramente una struttura creata con uno spirito che è quello dei ricercatori. Cioè creata dai ricercatori, per i ricercatori». Se – come sembra – l'ERC è un modello di finanziamento alla ricerca che funziona, e che premia le idee e le proposte di tanti italiani, non si può dimenticare che i fondi europei, per quanto efficienti, non possono e non devono sostituirsi ai finanziamenti nazionali. Anche perché non solo rappresentano una piccola parte dell'investimento pubblico in ricerca e sviluppo, ma il loro successo è spesso correlato al livello e alla performance degli investimenti nazionali, secondo *LAB-FAB-APP*. Viaggiare e passare dei periodi all'estero è una parte importante del lavoro di un ricercatore, ma come ha recentemente detto la direttrice del CERN Fabiola Gianotti in un'intervista all'*Huffington Post*, quel ricercatore deve poter tornare. Se lo vuole. E perché questo sia possibile, bisogna creare in Italia quelle opportunità e quell'attrattività che spingono tanti vincitori di ERC a lavorare, per esempio, in Regno Unito.

A febbraio 2016 una lettera pubblicata su *Nature* da 69 scienziati italiani aveva chiesto proprio all'UE di fare pressioni sul governo italiano perché portasse il finanziamento alla ricerca al 3% del PIL.

A due anni di distanza, la petizione *#salviamolalaricerca* – nata proprio da quell'esperienza – ha raccolto più di 175.000 firme. Tuttavia, come ci ha fatto notare proprio *Nature*, la ricerca scientifica è stata la grande assente della nostra ultima campagna elettorale. A quanto pare non è questo il momento per smettere di insistere, di chiedere nuovi investimenti e cercare delle soluzioni sistematiche per sostenere la ricerca nel nostro Paese. Da queste dipenderà, almeno in parte, il nostro futuro.



Luca Ciabatta - Ex centrale termoelettrica di Pietrafita

Costruzione dell'evidenza scientifica nei siti contaminati

Liliana Cori, Francesca Gorini

In Italia, come in molti altri Paesi sviluppati, esistono alcune aree con elevati livelli di inquinamento di fondo, come è il caso dei siti di interesse per le bonifiche, nazionali (SIN). Conoscere lo stato di salute in queste aree richiede un sistema complesso di osservazione, diversificato per caratteristiche di esposizione della popolazione, e in grado di rilevare molti altri determinanti di salute e fattori di rischio

Gli studi nelle aree ad alto rischio ambientale sono aumentati negli ultimi anni in Italia, e stanno producendo conoscenze di buona qualità, che entrano nel dibattito pubblico quando ci sono amministratori pubblici e comunità attivi e impegnati nel contribuire al miglioramento del proprio territorio.

Il quesito sempre attuale, che non smette di appassionare e di far discutere, è come valutare i risultati conseguiti dagli studi clinici e epidemiologici. Così come è – giustamente – oggetto di discussione, anche accesa, quale peso dare e come valutare la qualità degli studi sperimentali, soprattutto per rispondere alle critiche legate all'incertezza.

È evidente che i ricercatori devono produrre studi di alta qualità, ma la richiesta di ottenere risultati non affetti da incertezza richiede un ampio spazio di approfondimento. Il tema è rilevante sul piano metodologico ma ha anche forti implicazioni pratiche, soprattutto per valutare la portata dei risultati ai fini delle decisioni.

La medicina basata sulle evidenze opera un processo sistematico di revisione, valutazione e utilizzo dei risultati della ricerca clinica che contribuisce a somministrare cure cliniche ottimali ai pazienti. I livelli di evidenza delle ricerche vengono classificati su una piramide, dove le revisioni sistematiche e le meta-analisi sono considerate al livello più alto, che sovrasta il blocco che include i trial clinici randomizzati, gli studi di coorte e gli studi caso-controllo; i *case-series* o *case-report* sono alla base della piramide¹ (Figura 1). In realtà le meta-analisi, collocate al livello più elevato, possono essere caratterizzate da eterogeneità (clinica, metodologica o statistica), che può essere

minimizzata o spiegata ma non del tutto eliminata². Anche gli stessi trial randomizzati, se ben condotti, possono fornire la migliore evidenza causale per l'efficacia di un trattamento, ma per aderire ai requisiti etici non devono esporre persone ad agenti sospettati di causare danni alla salute. Di conseguenza, la quasi totalità dei risultati epidemiologici provengono da studi osservazionali, siano essi descrittivi (ecologici, rapporti di casistica o di serie di casi) o *analitici*, definiti anche eziologici (di coorte, caso-controllo, trasversali, misti)³.

Se si considera che l'esposizione della popolazione a molti inquinanti ambientali è ubiquitaria, e che molte sostanze sono persistenti, bioaccumulano e provocano danni spesso irreversibili, emerge l'urgenza di abbreviare i tempi di trasferimento delle conoscenze scientifiche in azioni di prevenzione dei danni per ambiente e salute, riferiti sia ai pericoli riconosciuti che ai rischi stimati. Anche per il sistema normativo finalizzato alla protezione ambientale e sanitaria si pone il problema di applicare le evidenze scientifiche consolidate in tempi più rapidi possibili. Nella valutazione dei benefici sociali delle azioni di prevenzione, oltre ai costi in termini di salute persa o anticipazione del decesso, non dovrebbe essere trascurato l'impatto positivo diretto generato dalla riduzione dei costi sanitari.

In Italia, come in molti altri Paesi sviluppati, esistono alcune aree con elevati livelli di inquinamento di fondo, come è il caso della Pianura Padana e di ampie aree urbane, e molte aree contaminate più circoscritte, talvolta anche di grandi dimensioni, come è il caso dei siti di interesse per le bonifiche, nazionali (SIN) e regionali (SIR), senza dimenticare le

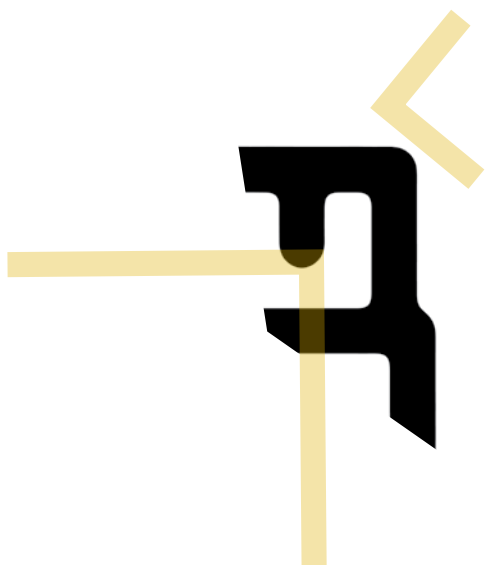




Figura 1 - La piramide tradizionale (modificato da Murad et al¹)

molte fonti inquinanti puntuali⁴. Conoscere lo stato di salute in queste aree richiede un sistema complesso di osservazione, diversificato per caratteristiche di esposizione della popolazione (tipo di inquinanti, dimensione della popolazione coinvolta, vie di assunzione, tempi e altro ancora), e in grado di rilevare molti altri determinanti di salute e fattori di rischio. Le attività osservazionali possono essere suddivise in studi conoscitivi (con disegno di tipo diverso), programmi di sorveglianza e valutazioni predittive (stime preventive di impatto atte a valutare scenari controfattuali). In riferimento ai siti contaminati, il Progetto SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento), finanziato dal Ministero della Salute e coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità, è stata la prima trattazione sistematica in Italia della mortalità per causa nelle popolazioni residenti in 44 dei 57 SIN⁵. Elemento caratterizzante del Progetto SENTIERI è stata la valutazione a priori dell'evidenza epidemiologica dell'associazione

tra cause di morte ed esposizioni ambientali nei SIN (alla metodologia è stato dedicato un Supplemento di *Epidemiologia & Prevenzione*⁶). I diversi SIN sono stati classificati considerando la tipologia delle fonti inquinanti: contenenti amianto e altre fibre minerali; localizzati vicino ad aree industriali, attive o dismesse; in prossimità di miniere e/o cave; aree portuali; inceneritori o siti di discarica con rifiuti industriali o pericolosi. SENTIERI ha considerato per ciascun tipo di SIN le cause di morte, ricovero, incidenza tumori e malformazioni congenite per le quali, sulla base della letteratura scientifica, si è potuta ritenere plausibile un'associazione tra le esposizioni ambientali e gli esiti avversi di salute^{7,8}.

La valutazione delle evidenze in SENTIERI è stata fatta analizzando le fonti bibliografiche epidemiologiche dopo aver definito una gradazione che, partendo dall'esistenza di fonti primarie e meta-analisi quantitative, scende fino all'esistenza di studi discordanti o di un solo studio. È stata inoltre considerata la coerenza tra le fonti, al fine di stimare la forza delle

Tabella 1 - Valutazione dell'evidenza epidemiologica relativa all'associazione tra causa di decesso ed esposizione in SENTIERI (modificato da ⁶)

SUFFICIENTE sufficiente per inferire la presenza di un'associazione causale	> una o più fonti primarie esprimono la valutazione di sufficiente o fornisce dati per tale valutazione > meta-analisi quantitative forniscono dati per la valutazione di sufficienza
LIMITATA limitata ma non sufficiente per inferire la presenza di un'associazione causale	> una o più fonti primarie/meta-analisi quantitative/revisioni/studi multicentrici riportano l'esistenza di un'associazione ma non esprimono la valutazione di sufficiente ma non forniscono dati per tale valutazione
INADEGUATA inadeguata per inferire	> più fonti primarie esaminano l'associazione ma non sono concordi nell'esprimere una valutazione > meta-analisi quantitative/revisioni/studi multicentrici/due o più studi esaminano l'associazione ma non sono concordi nell'esprimere una valutazione > fonti primarie/meta-analisi quantitative/revisioni/studi multicentrici/due o più studi esaminano l'associazione ma nessuno ne riporta l'esistenza > sono più disponibili più studi che non sono concordi nell'esprimere una valutazione > è disponibile solo uno studio che esamina l'associazione

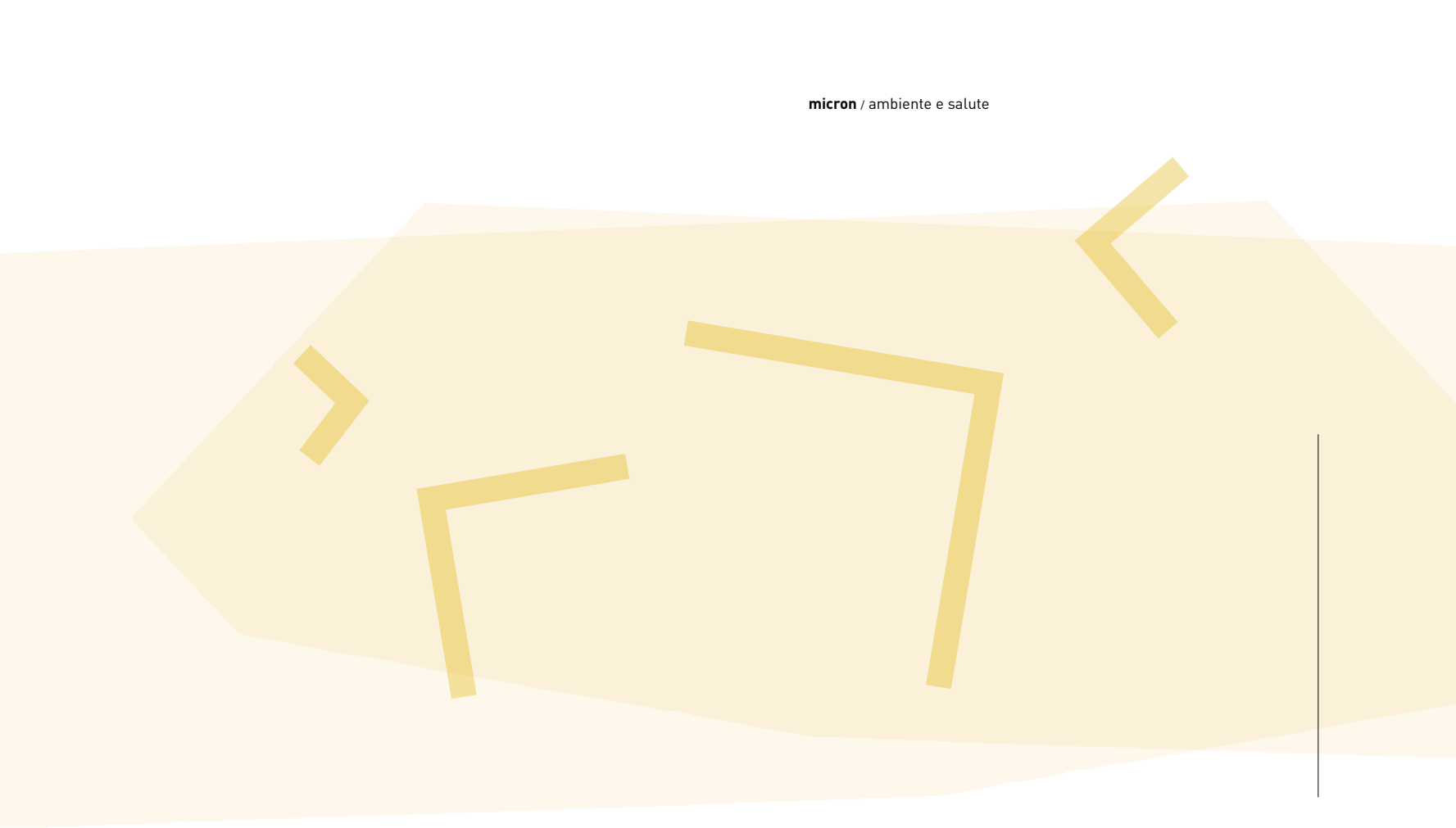
associazioni considerate. L'evidenza epidemiologica relativa all'associazione tra esito ed esposizione è stata classificata in tre categorie: sufficiente, limitata e inadeguata (tabella 1)⁶. Con lo stesso metodo sono state valutate le conoscenze disponibili sui principali fattori individuali di potenziale confondimento (fumo di tabacco attivo e passivo, assunzione di alcol, esposizioni professionali, stato socioeconomico, inquinamento atmosferico), per qualificare le valu-

Fino alla fine degli anni '90 la valutazione delle evidenze epidemiologiche era basata su meta-analisi e rassegne

tazioni delle evidenze a priori tra fattori ambientali tipici dei SIN e principali cause di morte/malattia⁷. Nonostante il valore della definizione a priori delle evidenze disponibili sull'associazione tra tipo di inquinanti presenti nel SIN e patologie correlate, che consente analisi specifiche e appropriate, il disegno di SENTIERI non riesce a superare il limite intrin-

sico degli studi ecologici, che sono condotti su dati aggregati, sia di esposizione che di malattie. Infatti, lo studio ecologico si basa sull'osservazione di fenomeni in una popolazione di un'area considerata come esposta nel suo complesso (un intero comune), posta a confronto con un'area di riferimento (nel caso di SENTIERI la regione in cui si trova il SIN), senza conoscere le informazioni individuali.

Altri approcci valutativi hanno obiettivi e metodologie diversificate. Il più consolidato è senz'altro quello della *International Agency for Research on Cancer*, IARC⁹, che esamina la qualità e la forza di singoli studi, sia sperimentali che epidemiologici, formulando alla fine una valutazione suddivisa in gradi sulla base dell'evidenza di cancerogenicità sull'uomo di sostanze e agenti chimici, che sono pertanto classificati in: probabilmente non cancerogeni (gruppo 4, con prove che suggeriscono l'assenza di cancerogenicità sia nell'uomo sia negli animali da esperimento); non classificabili (gruppo 3, con evidenze inadeguate nell'uomo e inadeguate o limitate nell'animale); possibili cancerogeni (gruppo 2B,



con evidenze meno che sufficienti/sufficienti negli animali e limitate/inadeguate per l'uomo); probabili cancerogeni (gruppo 2A, con evidenze sufficienti negli animali, limitate nell'uomo); cancerogeni per l'uomo (gruppo 1, con evidenze certe da studi epidemiologici sull'uomo e confermate da studi sperimentali su animali). Più recentemente, il gruppo di lavoro GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) ha sviluppato un sistema che valuta la qualità dell'evidenza e la forza delle raccomandazioni che ne derivano¹⁰. Attualmente, le evidenze sulla forza di associazione tra esposizioni ed esiti di malattia all'interno dei SIN derivano principalmente da studi descrittivi, i quali, pur non indagando le cause degli eventi, possono fornire indicazioni in termini di sanità pubblica ed essere propedeutici a studi eziologici, in grado cioè di valutare associazioni pre-definite tra cause ed effetti. La valutazione della qualità degli studi è un'attività fondamentale sia per assegnare giudizi alle evidenze disponibili attraverso meta-analisi e rassegne sistematiche sia per costituire la base informativa per la

realizzazione di studi ecologici evoluti, come abbiamo visto nel caso di SENTIERI, ed identificare ipotesi salde da valutare negli studi eziologici. In particolare, la presenza di errori sistematici, che inficiano la validità interna di uno studio, possono influire o persino compromettere la credibilità dell'associazione riportata (o la mancanza di associazione) tra esposizione ed esiti considerati. Per la crescita di evidenze sulle cause di malattia è importante sottolineare che negli anni recenti, in alcuni SIN, SIR, e altri siti rilevanti, sono stati portati a termine numerosi studi con disegno di coorte residenziale, che hanno fornito contributi notevoli alle conoscenze sulle associazioni causa-effetto. Si tratta di studi di tipo multisorgente, come Moniter e ERAS, sia in siti singoli come Taranto, Brindisi, Val d'Agri, Vado Ligure, San Zeno, Busto Arsizio.

Se fino alla fine degli anni '90 la valutazione delle evidenze epidemiologiche era basata prevalentemente su meta-analisi e rassegne bibliografiche sempre più sistematiche, dagli inizi del nuovo millennio sono stati introdotti nuovi sistemi più complessi di va-

lutazione. Il GRADE, nato nei primi anni 2000, è diventato lo strumento di riferimento di più di 100 organizzazioni in 19 Paesi in tutto il mondo per la valutazione dell'affidabilità delle prove scientifiche e per la formulazione di raccomandazioni cliniche basate sulle evidenze¹. In Italia, presso il Dipartimento di Epidemiologia – ASL Roma1 della Regione Lazio, è stato recentemente inaugurato il primo centro GRADE per la produzione di linee guida e raccomandazioni cliniche. Il metodo GRADE non è basato solo sulla valutazione del tipo di disegno di studio – i trial randomizzati partono con una valutazione più alta, gli studi osservazionali con una valutazione più bassa – ma anche su altri criteri che sono indipendenti dal disegno di studio, ma influiscono sulla qualità dell'evidenza che ne deriva:

- il rischio di bias (validità interna) di uno studio;
- l'eterogeneità o variabilità dei risultati (*inconsistency*) tra studi;
- la non diretta trasferibilità dei risultati alla questione di interesse (*indirectness*);
- l'imprecisione (*imprecision*) attribuibile alla bassa numerosità del campione e alla scarsa quantità di eventi misurati;
- il bias da pubblicazione (*publication bias*), ossia la mancanza di studi nell'insieme delle evidenze disponibili, che determina una sottostima o una sovrastima dei veri effetti da esposizione.

Vi sono anche criteri che, nell'ambito degli studi osservazionali, possono determinare un aumento del punteggio:

- la misura di un effetto molto grande;
- la presenza di un gradiente dose-risposta tra esposizione ed esito;
- la presenza di confondenti che possono aver mitigato l'effetto o sono responsabili di un effetto spurio quando i risultati non mostrano alcun effetto¹¹.

Il GRADE valuta pertanto non solo la qualità interna dei singoli studi, ma il complesso delle evidenze per ciascuna misura di esito considerata, sulla base di quattro livelli: alto, moderato, basso e molto basso¹². Secondo il metodo GRADE, la piramide sulla qualità dell'evidenza può essere quindi modificata

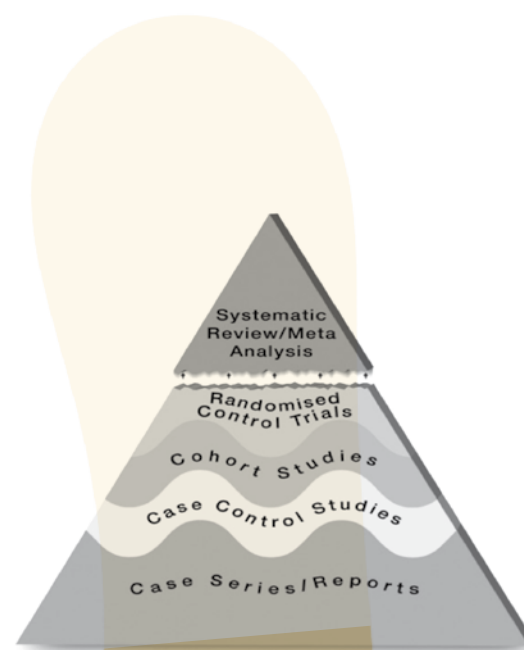


Figura 2 - La piramide tradizionale (modificato da Murad et al¹)



separando i livelli corrispondenti ai diversi disegni di studio tracciando linee che non sono dritte ma ondulate, tenendo conto del rating attribuito agli studi per ciascuno dei fattori di valutazione, come si osserva in figura 2¹. In altre parole, ci possono essere studi di fascia “bassa” che acquisiscono un punteggio più alto di uno studio caso-controllo, oppure uno studio caso-controllo accreditato che assume un punteggio più elevato di uno studio di coorte. Un’ulteriore variante è rappresentata dall’approccio suggerito dal *Journal of the American Medical Association*, centrato inizialmente sulle revisioni sistematiche attraverso la ricerca esauriente delle fonti bibliografiche ed un processo rigoroso di selezione degli studi, e successivamente sulla valutazione dell’evidenza basata sul metodo GRADE. Pertanto, una modifica ulteriore alla piramide consiste nel rimuovere le revisioni sistematiche e meta-analisi dal livello più elevato ed utilizzarle come lente di lettura attraverso cui valutare i singoli studi¹³.

La qualità dell’evidenza guida la forza delle raccomandazioni, che rappresenta l’ultima fase di trasferimento della ricerca, per chi è direttamente impegnato nella cura della salute individuale e collettiva, e per chi porta responsabilità di decisioni e pianificazione.

In campo ambiente e salute, l’istituzionalizzazione di metodi sistematici e trasparenti di revisione delle evidenze scientifiche sulla relazione tra esposizione ambientale ed esiti di malattia rappresenta uno strumento utile per rafforzare le raccomandazioni basate sulle evidenze, in tema di prevenzione e di tutela della salute pubblica¹⁴. Anche in questo settore occorre pertanto una produzione di alto livello qualitativo, per poter spostare positivamente la lancetta delle evidenze, rifuggendo tuttavia dall’errata convinzione che si possa pervenire a risultati scientifici dotati di certezza completa. Sosteneva infatti Sir August Bradford Hill oltre 50 anni fa: «Tutto il lavoro scientifico è incompleto – che sia osservazionale o sperimentale: tutto il lavoro scientifico è suscettibile di essere alterato o modificato dall’avanzamento delle conoscenze, il che non ci conferisce la libertà di ignorare la conoscenza che già abbiamo o di rimandare l’azione che sembra necessaria in un dato momento».

Un contributo del CNR con CISAS

Centro Internazionale di Studi avanzati su Ambiente, ecosistema e Salute umana

Per contribuire alle conoscenze sull'associazione tra ambiente e salute in siti contaminati il CNR, in collaborazione con molte altre istituzioni, enti e agenzie nazionali e regionali, sta conducendo un progetto FISIR in Sicilia e in Calabria (www.cisas.cnr.it). CISAS è un progetto multi ed interdisciplinare all'interno di una complessa azione di ricerca scientifica volta alla comprensione dei fenomeni di inquinamento ambientale e del loro impatto sull'ecosistema e sulla salute umana, finalizzato all'avanzamento della conoscenza e al trasferimento dei risultati per il contrasto degli effetti avversi dell'inquinamento e la prevenzione dei rischi per la salute umana.

Nell'ambito del progetto CISAS sono in corso tre studi su ambiente e salute nei SIN di Priolo, Milazzo e Crotone per valutare lo stato di compromissione di aria, acqua e suolo, le vie di contaminazione, i profili di esposizione delle comunità locali e l'associazione tra esposizione ad inquinanti specifici ed indicatori precoci di rischio pre-clinico di malattia. Il progetto, coordinato da Mario Sprovieri dell'Istituto per l'Ambiente Marino-Costiero del CNR, è articolato in sei Work Package finalizzati allo studio dei processi chimico-fisici dei principali inquinanti (identificati

nelle diverse matrici ambientali delle aree di studio) e del loro trasferimento nelle catene trofiche marina e terrestre, e alla comprensione degli effetti sulla salute umana.

Due gruppi di lavoro sono dedicati agli studi epidemiologici, coordinati da Fabrizio Bianchi dell'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR e da Fabio Cibella dell'Istituto di Biomedicina ed Immunologia Molecolare del CNR, in collaborazione con esperti di modellistica dell'Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica del CNR. Avvalendosi dei dati di letteratura e dei risultati degli studi ambientali e sperimentali sono stati scelti inquinanti target, mentre le malattie sono state selezionate sulla base delle conoscenze epidemiologiche, in particolare prodotte dallo studio SENTIERI, e della loro rilevanza per la ricerca e l'innovazione.

Sono in corso di realizzazione tre studi epidemiologici eziologici su: associazione tra esposizione a contaminanti organici, aumento dei fattori di rischio, presenza di biomarcatori epatici e di carcinoma epatocellulare (indice di steatosi epatica, indice di fibrosi epatica, lipogenesi de novo, marcatori di infiammazione) nel SIN di Priolo; studi sull'associazione tra esposizione a metalli pesanti, incremento del rischio di ipotiroidismo clinico e subclinico, indicatori precoci di cancro tiroideo (misura di ormoni tiroidei, Cd e Pb in sangue ed urine, evidenze eco-

grafiche) nel SIN di Milazzo; studi sull'associazione tra esposizione a metalli pesanti, alterazioni precoci di rischio cardiovascolare (misura di marcatori di infiammazione, di stress ossidativo, salute ossea, Cd e Pb nel sangue, ecodoppler carotideo, valutazione della funzione endoteliale ed elettrocardiogramma) e danno renale (Cd e Pb nelle urine, misura del danno renale, stima della velocità di filtrazione glomerulare) nel SIN di Crotone.

Una seconda linea di studio su coorti di nati reclutati e seguiti nelle tre aree SIN, è stata disegnata per approfondire le conoscenze sugli effetti sulla salute nel corso della vita dell'esposizione ambientale durante la gravidanza. Infatti, lo sviluppo fetale rappresenta una finestra temporale particolarmente suscettibile alle condizioni ambientali e, in utero, possono instaurarsi risposte adattive del feto che, unitamente alla predisposizione genetica, agli effetti delle esposizioni postnatali e in particolare alle esposizioni durante l'infanzia, determinano la suscettibilità anche a patologie croniche nel corso della vita^{15,1}. Le coorti di nascita create sono costituite dalle mamme e dai loro bambini residenti nei SIN e in comuni limitrofi di riferimento.

Per ciascun arruolamento, al momento del parto, vengono raccolti campioni di sangue materno, sangue cordonale e biopsie placentari al fine di stimare l'esposizione diretta agli inquinanti ambientali rite-

nuti critici per ciascuna delle aree SIN. Avvalendosi di indagini biomolecolari sarà indagato il ruolo della placenta nel determinare sia l'esposizione fetale sia gli esiti a lungo termine.

Nei tre studi epidemiologici eziologici di tipo campionario, la valutazione dell'associazione tra esposizione ed esiti di malattia è prevista in due passaggi consecutivi, il primo basato sulla residenza nei comuni all'interno dei SIN e in aree esterne di riferimento, il secondo basato sulla somministrazione di questionari e sulla misura individuale di biomarcatori di esposizione e di effetto precoce.

I gruppi di soggetti, identificati in modo randomizzato sulla popolazione residente, si prestano ad essere seguiti nel tempo per valutare l'evoluzione spazio-temporale. I questionari, somministrati tramite intervista, oltre ad includere informazione su fattori di rischio e potenziali confondenti, prevedono una sezione specifica sulla percezione del rischio. L'approfondimento su determinanti ambientali e indicatori di malattia e su loro interazioni, oltre a proporsi di dare un contributo che si possa collocare nella parte più alta della piramide della formazione delle evidenze, si confida possa anche contribuire alla costruzione di sistemi mirati di sorveglianza ambiente-salute, con l'obiettivo di fornire una corretta misura dei rischi e dare indicazioni per gli interventi di bonifica nelle aree ad alto rischio.

Bibliografia

¹Murad MH., Asi N, Alsawas M, Alahdab F. "New evidence pyramid", *Evid Based Med*, 2016; 21(4): 125-7.

²Dechartres A., Altman DG, Trinquart L, Boutron I, Ravaud P. "Association between analytic strategy and estimates of treatment outcomes in meta-analyses", *JAMA*, 2014; 312(6): 623-30.

³Rooney AA., Cooper GS, Jahnke GD, Lam J, Morgan RL, Boyles AL, Ratcliffe JM, Kraft AD, Schünemann HJ, Schwingl P, Walker TD, Thayer KA, Lunn RM. "How credible are the study results? Evaluating and applying internal validity tools to literature-based assessments of environmental health hazards", *Environ Int*, 2016; 92-93: 617-29.

⁴Musmeci L., Bellino M, Binetti R, Ceccarelli F, Costamagna FM, D'Angiolini A, Fabri A, Falleni F, Ferri M, Piccardi A, Roazzi P, Trucchi D, Marcello I. "The ISS Reclamation Data Bank", *Ann Ist Super Sanita*, 2008; 44(1): 75-80.

⁵Pirastu R., Iavarone I, Pasetto R, Zona A, Comba P; Comba P, SENTIERI Working Group. "SENTIERI – Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio di inquinamento", *Epidemiol Prev*, 2011; 35(5-6 Suppl 4): 1-204.

⁶Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P; SENTIERI Working Group. "SENTIERI. Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio di inquinamento: valutazione dell'evidenza epidemiologica", *Epidemiol Prev*, 2010; 34(5-6 Suppl 3): 1-96.

⁷Pirastu R., Comba P, Conti S, Iavarone I, Fazzo L, Pasetto R, Zona A, Crocetti E, Ricci P, SENTIERI Working Group. "SENTIERI. Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio di inquinamento: mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri", *Epidemiol Prev*, 2014; 38(2 Suppl 1): 1-170.

⁸Santoro M., Minichilli F, Pierini A, Astolfi G, Bisceglia L, Carbone P, Conti S, Dardanoni G, Iavarone I, Ricci P, Scarano G and RiscRipro_SentieriWorking Group. "Congenital anomalies in contaminated sites: A multisite study in Italy", *Int J Environ Res Public Health*, 2017; 14, 292; doi:10.3390/ijerph14030292

⁹World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. *IARC monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans* Preamble. Lyon, 2006. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Preamble/CurrentPreamble.pdf>

¹⁰GRADE Working Group. "Grading the quality of evidence and strength of recommendations", *BMJ*, 2004; 328: 1-8.

¹¹Guyatt GH., Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, Schünemann HJ; GRADE Working Group. "GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations", *BMJ*, 2008; 336: 924-6.

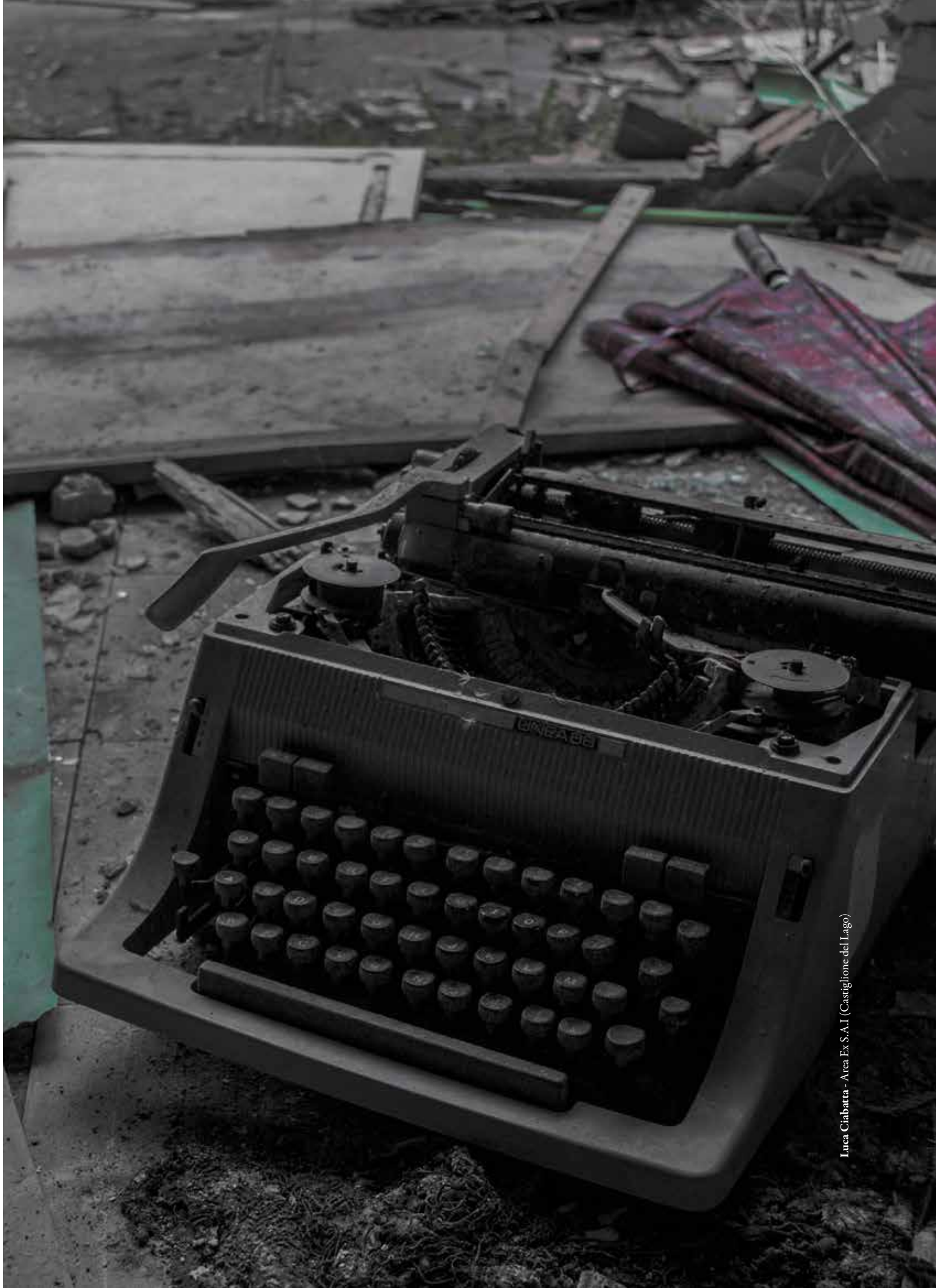
¹²Malmivaara A. "Methodological considerations of the GRADE method", *Ann Med*, 2015; 47(1):1-5.

¹³Murad MH., Montori VM, Ioannidis JP, Jaeschke R, Devereaux PJ, Prasad K, Neumann I, Carrasco-Labra A, Agoritsas T, Hatala R, Meade MO, Weyer P, Cook DJ, Guyatt G. "How to read a systematic review and meta-analysis and apply the results to patient care: users' guides to the medical literature", *JAMA*, 2014; 312(2): 171-9.

¹⁴Woodruff TJ., Sutton P. The Navigation Guide Systematic Review Methodology: A Rigorous and Transparent Method for Translating Environmental Health Science into Better Health Outcomes. *Environ Health Perspect*. 2014; 122(10): 1007-14.

¹⁵Gluckman PD, Hanson MA, Cooper C, Thornburg KL. Effect of in utero and early-life conditions on adult health and disease. *N Engl J Med*. 2008; 359(1): 61-73.

¹⁶Balbus JM, Barouki R, Birnbaum LS, Etzel RA, Gluckman PD Sr, Grandjean P, Hancock C, Hanson MA, Heindel JJ, Hoffman K, Jensen GK, Keeling A, Neira M, Rabadán-Diehl C, Ralston J, Tang KC. Early-life prevention of non-communicable diseases. *Lancet*. 2013; 381(9860): 3-4.



Le nuove frontiere della prevenzione

Cristiana Pulcinelli

Orologi che misurano il battito cardiaco, automobili che ci dicono quanto sono inquinate le strade che stiamo attraversando e lenzuola che monitorano le funzioni cardiopolmonari. Dati che vanno poi a creare il nostro gemello digitale, che ci dirà se e quando ci ammaliamo. Dopo la “medicina di precisione” arriva la “salute di precisione”. Un futuro che è appena iniziato, ma già si aprono questioni etiche e normative



Ci stavamo appena abituando all'idea di una medicina di precisione che già l'obiettivo si è spostato più avanti e oggi si comincia a parlare di “salute di precisione”, *Precision Health*. L'idea alla base di questa nuova frontiera è semplice e neanche troppo nuova: la prevenzione. Si è visto infatti che i costi per trattare le malattie croniche e quelle giunte a uno stadio avanzato sono cresciuti a dismisura negli ultimi anni e pesano notevolmente sui sistemi sanitari di tutto il mondo, quindi si è pensato che forse è meglio riprendere in considerazione il vecchio adagio secondo cui prevenire è meglio che curare. Quello che invece è completamente nuovo è il ventaglio di strumenti tecnologici a nostra disposizione per ottenere questo risultato. Una cassetta degli attrezzi che da un lato permette di abbinare la prevenzione alla medicina personalizzata e, dall'altro, consente a ognuno di noi di prendere la sua salute nelle proprie mani. Potremmo dire che, in qualche modo, si sta progettando un mondo in cui l'individuo sia in grado di prevenire le sue stesse malattie.

Per addentrarci in questo universo, per prima cosa dobbiamo familiarizzarci con il concetto di *digital twin*, il gemello digitale. Nel campo dell'aviazione questo gemello è ben conosciuto. I moderni motori a reazione, infatti, vengono controllati e riparati prima che giungano al punto di rottura sulla base di un modello digitale che non solo simula le caratteristiche fisiche del motore stesso, ma a cui arrivano in continuazione i dati raccolti da sensori presenti nel mondo reale. Questo fa sì che la simulazione sia completa e che il controllo sullo stato di salute del motore sia fatto momento per momento sulla base delle informazioni raccolte dai sen-

sori, della storia dei motori precedenti e di tutta una serie di altre informazioni che vengono processate. In questo modo il gemello digitale ci dice quando il gemello reale sta per rompersi o quando ha bisogno di una qualche manutenzione. Possiamo pensare a qualcosa di simile per gli esseri umani? In sostanza, possiamo creare un nostro gemello digitale che sta bene quando noi stiamo bene e rischia di ammalarsi quando anche noi corriamo lo stesso pericolo?

Per creare un simile *alter ego*, dobbiamo cominciare con il fornirgli le informazioni. Le prime cose che dovrebbe conoscere sono quanti anni abbiamo e qual è la nostra storia familiare: sapere ad esempio che la nonna è morta per un tumore al seno o che il papà ha avuto un ictus a 70 anni. Fino a poco tempo fa, infatti, il rischio per una persona di sviluppare alcune malattie veniva valutato in base sostanzialmente a due informazioni: l'età e la storia familiare. Successivamente si è aggiunto lo *screening* genetico.

Oggi dunque il nostro gemello digitale dovrebbe anche conoscere il nostro profilo genetico, sapere ad esempio che sono portatore di un determinato gene che è legato ad una patologia specifica. Si è visto infatti che il nostro genoma può dire molto sul futuro della nostra salute, non solo per le malattie che dipendono dalla modificazione di un unico gene, ma anche per quelle più complesse come il diabete o le malattie cardiovascolari. Ma questo ancora non basta.

Negli ultimi anni si è capito che non c'è solo il genoma: una grande importanza per sapere come staremo domani la riveste l'“esposoma”, ovvero il complesso delle esposizioni a fattori ambientali come la dieta, l'inquinamento, lo stress, ma

anche fattori biologici come le infiammazioni, il microbioma intestinale, gli ormoni. Il rischio di un determinato individuo di sviluppare malattie deve prendere in considerazione entrambe le cose: il genoma e l'esposoma.

Ecco dunque che il nostro gemello digitale deve venir nutrito quotidianamente con un'altra serie di informazioni sul nostro conto. Il mio gemello sa che vivo nei pressi di una raffineria e che tutti i giorni per andare al lavoro percorro a piedi 4 chilometri. Sa anche che mangio poca verdura e che la mia pressione arteriosa è nei giusti limiti, ma che ho i segni di un'infiammazione in atto. Tutte queste informazioni dovranno poi essere trasformate in modelli che valutino il mio rischio di ammalarmi di una qualche patologia. Stiamo parlando di roba del futuro? Mica tanto. Alcuni di questi dati sono ormai reperibili abbastanza facilmente, secondo alcune recenti analisi i sensori per la salute che si possono indossare sono esplosi sul mercato negli ultimi anni, e si prevede che passeranno solo negli Stati Uniti da un mercato di 50 milioni di dollari nel 2013 a uno di oltre 650 milioni di dollari nel 2020. Un bel guadagno per chi ci ha investito, ma forse – dice qualcuno – anche per il sistema sanitario americano che potrebbe risparmiare grazie ad essi circa 200 miliardi di dollari nei prossimi 25 anni (*Vital signs via broadband. Remote health monitoring transmits savings, enhances lives*, Better Health Care Together 2008). Di questi apparecchi ce ne sono molti tipi. In un articolo pubblicato recentemente sulla rivista *Science Translational Medicine* ("Toward achieving precision health") vengono ricordati quelli che sono

Il rischio di un determinato individuo di sviluppare malattie deve prendere in considerazione il genoma e l'esposoma

stati messi a punto negli ultimi anni. A cominciare dai più semplici come gli orologi che misurano parametri come il battito cardiaco, a quelli un po' più complessi che permettono di eseguire un elettrocardiogramma. Poi ci sono i sensori integrati nei vestiti o in altri supporti, ad esempio sottilissime membrane che sembrano tatuaggi temporanei e che assumono informazioni sulle proprietà meccaniche della pelle di chi li indossa, sui segni vitali ma anche su fat-

tori esterni, come l'esposizione ai raggi ultravioletti. Oppure reggiseni che, misurando i cambiamenti di temperatura nel seno, permettono di effettuare una sorta di *screening* per il tumore della mammella. Volendo allargare l'elenco delle novità anche oltre il mio corpo, in una casa "smart" potrei dormire tra lenzuola che monitorano le mie funzioni cardiopolmonari, guardarmi in uno specchio che misura i miei segni vitali attraverso un radar, lavarmi i denti con uno spazzolino che analizza la mia saliva da un punto di vista biochimico. E fare la pipì in un wc che automaticamente fa lo *screening* delle urine cercando i *markers* di alcune patologie. Quando esco e salgo sulla mia automobile, alcuni sensori possono controllare il mio livello di stress nel traffico e il livello di alcol nel mio alito. Apparecchiature poste all'esterno della vettura possono stabilire il livello



Secondo alcune recenti analisi i sensori per la salute indossabili sono esplosi sul mercato, in particolare negli USA

di inquinamento delle strade che sto attraversando. Mentre alcuni schemi nell'uso del mio smartphone possono rivelare comportamenti depressi o ansiosi, ad esempio un aumento o una diminuzione della frequenza dei messaggi che invio. Come mettere

insieme tutti questi dati? C'è chi ci sta pensando. Il progetto Baseline è uno studio condotto da *Verily Life Sciences* (che un tempo si chiamava *Google Health*) assieme all'università di Stanford e alla Duke University. Messo in piedi nel 2014, sta collezionando dati da migliaia di partecipanti "sani", alcuni dei quali probabilmente nel corso degli anni passeranno nella categoria dei "malati".

Lo scopo ambizioso è quello di cercare di arrivare a una definizione di "salute" che non sia solo "assenza di malattia"; in sostanza, di fornire un modello della malattia e della salute degli esseri umani. Per farlo, gli scienziati analizzano i genomi dei partecipanti volontari, il loro microbioma, altri *biomarkers*, collezionano dati da apparecchi che si portano al polso ed altri sensori che si indossano, da immagini diagnostiche, visite e questionari. Molti si sono lanciati in questa avventura. Negli Stati Uniti i principali sistemi sanitari privati come *Kaiser Permanente* in California e *Geisinger* in Pennsylvania hanno messo in piedi iniziative per collezionare, studiare e utilizzare i dati della popolazione della loro area di riferimento. Nel Regno Unito il *National Health Service* ha avviato il Progetto "100.000 Genomi", un'iniziativa per trasformare la ricerca biomedica e l'assistenza clinica nel Regno Unito in un modello orientato alla salute di precisione. Cina, Islanda e Giappone hanno mes-



so su iniziative analoghe. Le cose tuttavia non sono sempre semplici. Il primo problema è che, nonostante la popolarità di cui godono questi apparecchi indossabili e l'entusiasmo suscitato dal loro ingresso sul mercato, le persone si stufano. Un terzo dei consumatori americani, ad esempio, li usa per non più di sei mesi prima di cominciare ad essere incostante e dimenticarli a casa. Qualcuno ha pensato a come migliorare la costanza: ad esempio si può pensare di utilizzare, invece che orologi, apparecchiature sottili che si attaccano sulla pelle senza dare nessun fastidio. Un passaggio ulteriore è quello di convincere le persone a prendersi cura della propria salute, una volta stabilito cosa fare per stare meglio. Un modo è il vecchio sempreverde incentivo economico: in un programma di promozione della salute è stato utilizzato con risultati interessanti, in particolare un aumento dell'attività sportiva e una diminuzione dei ricoveri ospedalieri. Un altro metodo è quello di rendere le attività per la salute una specie di gioco. C'è poi un'altra questione ed è quella della fiducia. Fornire una grande quantità di informazioni personali, addirittura intime, come quelle sulla propria salute, a terzi presuppone che ci sia un rapporto di fiducia tra la persona che si affida e chi raccoglie e gestisce i dati. Il problema non è di poco conto perché alcune esperienze si sono arenate proprio su questo scoglio. Del resto, benché in alcuni Paesi ci siano leggi per evitare

l'uso di informazione genetica a fini discriminatori ad esempio sul lavoro, sono in molti a non esserne a conoscenza e molti altri a non fidarsi che questo davvero non accada. Un articolo che affronta la questione (*"What Is Trust? Ethics and Risk Governance in Precision Medicine and Predictive Analytics"*, *OMICS: a Journal of Integrative Biology*), propone che per limitare i rischi associati alla condivisione di dati sensibili si dovrebbe aumentare la trasparenza, dare più potere alle persone che affidano i propri dati ad altri e aumentare la fiducia della popolazione generale nei confronti della medicina di precisione.

In ultimo, una questione legata alla psicologia. Avere informazioni che potrebbero essere preoccupanti sulla nostra salute senza che ci sia una soluzione da offrire al problema che potremmo trovarci a dover affrontare, potrebbe avere come effetto un aumento



Uno dei problemi è il rapporto di fiducia con chi raccoglie e gestisce l'enorme quantità di dati sensibili

del nostro stato di ansia? Benché secondo un recente studio i pazienti informati sul loro rischio di sviluppare Alzheimer non hanno presentato ansia, depressione o stress legato al test, la questione rimane comunque aperta e anche piuttosto delicata.

Riconvertire l'agricoltura rinunciando ai pesticidi

Cristina Da Rold

Fra le grandi sfide mondiali che ci attendono nei decenni a venire un ruolo chiave è dettato dall'affermazione di un modello agricolo improntato alla sostenibilità e che sia al contempo in grado di assicurare la sussistenza a una popolazione mondiale in continua crescita. La posta in gioco è alta e chiama in causa la salute del pianeta stesso e dei cittadini che lo abitano

Esattamente mille anni fa, con lo scoccare del primo millennio, l'uomo (in realtà ci dobbiamo limitare a dire "l'uomo europeo") ha completamente modificato il proprio modello agricolo, attraverso un'evoluzione, iniziata già in epoca carolingia, che lo ha portato a concepire la rotazione delle colture e l'aratro a ruota, che arava molto più in profondità rispetto a quello a chiodo.

Anche oggi stiamo sicuramente vivendo un momento storico cruciale in agricoltura. Come 1000 anni fa, il boom demografico degli ultimi decenni – e una serie di fattori a esso correlati come la globalizzazione dei mercati e l'aumento del benessere di una parte del pianeta – ci costringono a fermarci a riflettere sul modello agricolo a cui possiamo (ancora) tendere oggi per assicurarci non solo la sussistenza, ma anche un pianeta meno malato possibile. Rispetto a quello che accadeva nell'anno Mille, oggi abbiamo molto di più da perdere. Un progresso non davvero oculato può minare definitivamente le sorti della Terra, prima ancora che la nostra salute.

In Italia il dibattito in merito è molto acceso. Da una parte c'è chi sostiene una necessaria e potente virata verso il biologico, o per lo meno verso un'agricoltura integrata su larga scala, e chi invece ritiene che una visione davvero pragmatica sulla situazione odierna a livello mondiale non possa basarsi su una scelta di questo tipo, ma che l'unica strada percorribile oggi per salvare davvero il pianeta senza morire di fame sia puntare sulle biotecnologie, che rendano le coltivazioni sempre più resistenti e meno bisognose di prodotti fitosanitari.

La difficoltà sta nel fatto che, esaminando i dati e confrontando le argomenta-

zioni senza preconcetti, non è così facile compiere scelte a occhi chiusi verso l'una o l'altra opzione. Su due cose è bene soffermarsi, per cominciare: l'Italia oggi è il secondo Paese europeo per uso di pesticidi e insetticidi e il quinto in Europa per uso di erbicidi. Secondo i dati FAO (*Food and Agriculture Organization*), nel nostro Paese nel 2015 si utilizzavano 62,3 mila tonnellate di pesticidi su una superficie coltivata stimata di 12,8 milioni di ettari, di cui 7 milioni di ettari di seminativi e 2,3 milioni di coltivazioni legnose e agrarie. A cui si uniscono 7950 tonnellate di erbicidi e 6382 tonnellate di insetticidi. Sul termine "uso" adottato dalla FAO, però, è necessaria una precisazione importante: la definizione di *use* all'interno del database FAO è "*used in or sold in for crops and seeds*", cioè a seconda del Paese ci si riferisce all'uso o alla quantità venduta. «Purtroppo nel caso dell'Italia di dati completi sull'uso preciso di queste sostanze non ne abbiamo» ci spiega Lucia Miligi, Responsabile del Centro Operativo Regionale dei tumori a bassa frazione eziologica presso l'Istituto per lo Studio, la Prevenzione e la Rete Oncologica ISPRO di Firenze. «Ogni azienda per legge ha l'obbligo di tenere un proprio "quaderno di campagna", dove devono essere annotate tutte le sostanze che vengono utilizzate all'interno dell'azienda. Tutte le aziende hanno un quaderno di campagna, su cui vengono effettuati anche dei controlli, il problema è che non esiste un sistema che connette i quaderni di campagna di ogni azienda per poter fare delle statistiche. Una stima sull'uso di queste sostanze viene effettuata analizzando per esempio le acque in una data zona, ma non basta».

Si tratta quindi di dati che è difficile pa-



ragionare, poiché l'utilizzo di queste sostanze dipende dalla superficie coltivata di ogni Paese e soprattutto da quanto produciamo, e l'Italia è leader mondiale nella produzione agricola. È vero che acquistiamo grosse quantità di pesticidi ed erbicidi, ma è anche vero che siamo il primo produttore al mondo di vino e di kiwi e il secondo per produzione di pomodori dopo la Cina e di olio dopo la Spagna. Siamo però al tempo stesso anche il secondo Paese in Europa dopo la Spagna per export di prodotti biologici, per un totale di 1,9 miliardi di euro solo nel 2016. Sono coltivati come biologico 1,7 milioni di ettari di terra in Italia (sui 12 milioni di ettari totali già citati), il 20% in più solo rispetto al 2015, il che significa che nel 2016 sono state convertiti al biologico 300 mila ettari di terra. Ce lo racconta l'ultimo rapporto *Bio in cifre 2017* redatto da Sinab (il Sistema di Informazione Nazionale sull'Agricoltura Biologica), che evidenzia con chiarezza che il 2016 è stato un anno da record per il biologico, confermando una tendenza già netta. È aumentata del 15% la produzione agricola sul 2015 e sono cresciute del 16% le esportazioni. Rispetto al 2008

Nel Centro e nel Sud il 19% della terra è coltivata a bio, contro il 6% della superficie coltivata al Nord

parliamo rispettivamente di una crescita del 121% e del 408%. Oggi ci sono 72 mila operatori bio certificati, e 12 mila si sono aggiunti solo nel 2016. Attualmente questi 1,7 milioni di ettari di agricoltura biologica si dividono così: 342 mila ettari per colture foraggere, 321 mila ettari di pascoli, 299 mila ettari di coltivazioni di cereali e 222 mila ettari per altri scopi. Ma soprattutto: nel mercato del biologico è il Meridione a trainare l'economia. La Sicilia, la Puglia e la Calabria da sole rappresentano il 46% del totale del biologico prodotto in Italia. Nel Centro e nel Sud il 19% della terra è coltivata a bio, contro il 6% della superficie coltivata al Nord. Sempre al Centro Sud 5 aziende su 100 sono bio, contro le 3 del Nord: in media parliamo del 4,4% delle aziende sparse nel Paese, ma bisogna considerare che le aziende biologiche sono in media più grandi rispetto a quelle non bio.

Questa è dunque la situazione odierna. Ma come stanno le

cose dal punto di vista delle salute ambientale e delle persone? La paura più grande è rappresentata dalla potenziale pericolosità di alcune sostanze fitosanitarie, che sono ovviamente letali per alcune specie vegetali e animali e che dunque possono risultare potenzialmente tossiche anche per l'uomo. «Dal punto di vista della tutela del consumatore è bene precisare anzitutto che i prodotti fitosanitari sottostanno a precise regole fissate dalla Comunità Europea e recepite in Italia» spiega Miligi. «Quando una ditta produce una nuova formulazione, la deve inviare al ministero della Salute, che ne valuta la composizione, la registra e ne scrive l'etichetta, dove viene precisato tutto quello che riguarda il prodotto, compresi i rischi per piante, animali e persone. Le etichette sono tutte consultabili liberamente sul sito del ministero, che le rivede e le aggiorna costantemente, seguendo dei criteri simili a quello dello IARC».

Qui ci sono due aspetti da considerare quanto a sicurezza: l'intrinseca tossicità del prodotto per l'ambiente e il rischio per l'uomo in relazione a durata e intensità dell'esposizione. Il problema principale per l'essere umano è l'esposizione per chi vive, lavora o transita nei pressi di un terreno durante i trattamenti. A questo proposito nel 2014 è stato varato il Piano d'Azione Nazionale sull'uso dei pesticidi, — attualmente in fase di aggiornamento — su come comportarsi quando si eseguono i trattamenti per tutelare le persone che potrebbero essere involontariamente esposte. C'è inoltre la questione dei residui



L'Italia, oggi, è il secondo Paese europeo per uso di pesticidi e insetticidi e il quinto in Europa per uso di erbicidi

di sostanze presenti negli alimenti che poi vengono venduti. «Vengono effettuati dei controlli a campione, che evidenziano che circa un 30% di campioni presenta valori fuori soglia». Non dimentichiamo poi che la questione della sicurezza nell'uso di sostanze fitosanitarie non riguarda solo noi come consumatori finali di alimenti. Parte del mercato di

queste sostanze è alimentato dal florovivaismo anche domestico. «Sono moltissime le persone che usano questi prodotti per le piante che ha in casa, in molti casi in *indoor*, sottoponendo sé e i propri familiari a esposizioni pericolose» spiega Miligi.

Arriviamo quindi alla questione della cancerogenicità di alcune sostanze. Il caso più noto degli ultimi tempi è quello del glifosato, un erbicida fra i più venduti in Italia, sia perché molto efficiente ma anche perché poco costoso, essendo fuori brevetto dal 2001. Il pomo della discordia è stata la conferma dell'autorizzazione al commercio del glifosato per altri cinque anni da parte dell'Europa lo scorso novembre, dopo che un paio di anni prima lo IARC aveva classificato nella monografia 112 la sostanza nella categoria 2A, delle sostanze “probabilmente cancerogene”. Lo IARC esamina periodicamente tutta la letteratura *peer reviewed* concernente una certa sostanza, classificandone il rischio di cancerogenicità. Con “probabilmente cancerogeno” si intende che esistono prove sufficienti per parlare di probabile cancerogenicità sugli animali (in questo caso si parla di linfoma non-Hodgkin), ma non ancora sull'uomo. La ricezione di questa decisione ha diviso la comunità scientifica fra chi si dice concorde con essa, e chi invece è fortemente preoccupato. Chi concorda con la decisione europea adduce sia ragioni di carattere scientifico intorno all'insufficienza dell'appartenenza alla categoria 2A per poter parlare di pericolo, che di modello agricolo. L'idea è che il biologico non garantisce ancora una resa sufficiente per mantenere l'economia agricola del nostro Paese e che passare per esempio ad altri metodi di diserbo come le arature profonde del terreno, comporterebbe da una parte elevati dispendi di energia e dall'altra produrrebbe forti emissioni di CO₂ (combustibili fossili), distruzione di sostanza organica, erosione dei terreni. In ballo poi — non dimentichiamolo — c'è l'enorme questione legata all'uso degli OGM, cioè affrontare il problema dell'uso così massiccio di fitosanitari con l'“arma” delle biotecnologie. Dall'altra parte c'è chi spiega che l'arma migliore per salvare il pianeta e la nostra sussistenza è invece invertire la



rotta e lavorare per un'agricoltura biologica e sostenibile, efficace e soprattutto economica, dal momento che oggi i prodotti biologici devono costare ancora di più rispetto al resto del mercato. I dati Sinab citati in precedenza fanno sicuramente riflettere.

Il dibattito acceso intorno alla scelta di non sospendere l'autorizzazione a usare una sostanza probabilmente cancerogena, è un ottimo esempio di come sia complesso mettere d'accordo anzitutto la comunità scientifica su come interpretare le prove scientifiche e tradurle in decisioni politiche.

Luca Ciabatta - Castello Cinquecentesco, nei pressi di San Marco (PG), adibito negli ultimi anni anche da agriturismo oramai in disuso



Siamo davvero dipendenti dagli smartphone?

Romualdo Gianoli

Le persone non sono dipendenti dallo smartphone, ma dalle interazioni sociali.

Lo suggerisce uno studio sull'utilizzo delle *smart technologies*, che rivela come la dipendenza da smartphone sia solo una manifestazione nuova di un bisogno antico: quello di rapportarsi agli altri esseri umani

In molti, oggi, considerano allarmante e disfunzionale il modo in cui sono usate le tecnologie di comunicazione digitale e attribuiscono soprattutto agli smartphone (e ai social network cui questi danno accesso in qualunque luogo e momento) la responsabilità di comportamenti definiti antisociali di un numero sempre crescente di persone. Proprio questo è l'aspetto su cui si sono concentrati i ricercatori che, alla fine, hanno ribaltato completamente l'assunto secondo cui l'uso compulsivo degli smartphone e dei social network è la spia di un grave atteggiamento antisociale.

Da buon antropologo cognitivo che studia l'evoluzione delle culture e del pensiero, Samuel Veissière ha adottato un approccio particolare in questa ricerca. Ha affrontato quella che essenzialmente è stata una revisione della letteratura esistente sulle dipendenze da *smart technologies*, dal punto di vista evoluzionistico, chiedendosi se finora non avessimo guardato il problema in modo sbagliato. Non sorprende, dunque, che la conclusione cui sono giunti gli autori dello studio sia decisamente insolita ma affascinante. Secondo loro, non solo non ci troveremo di fronte a veri atteggiamenti antisociali ma, al contrario, addirittura ipersociali. Questo risultato scaturisce da una constatazione tanto semplice quanto evidente e cioè che le funzioni che creano maggior dipendenza in uno smartphone hanno tutte un elemento in comune: il bisogno umano di connettersi con i propri simili.

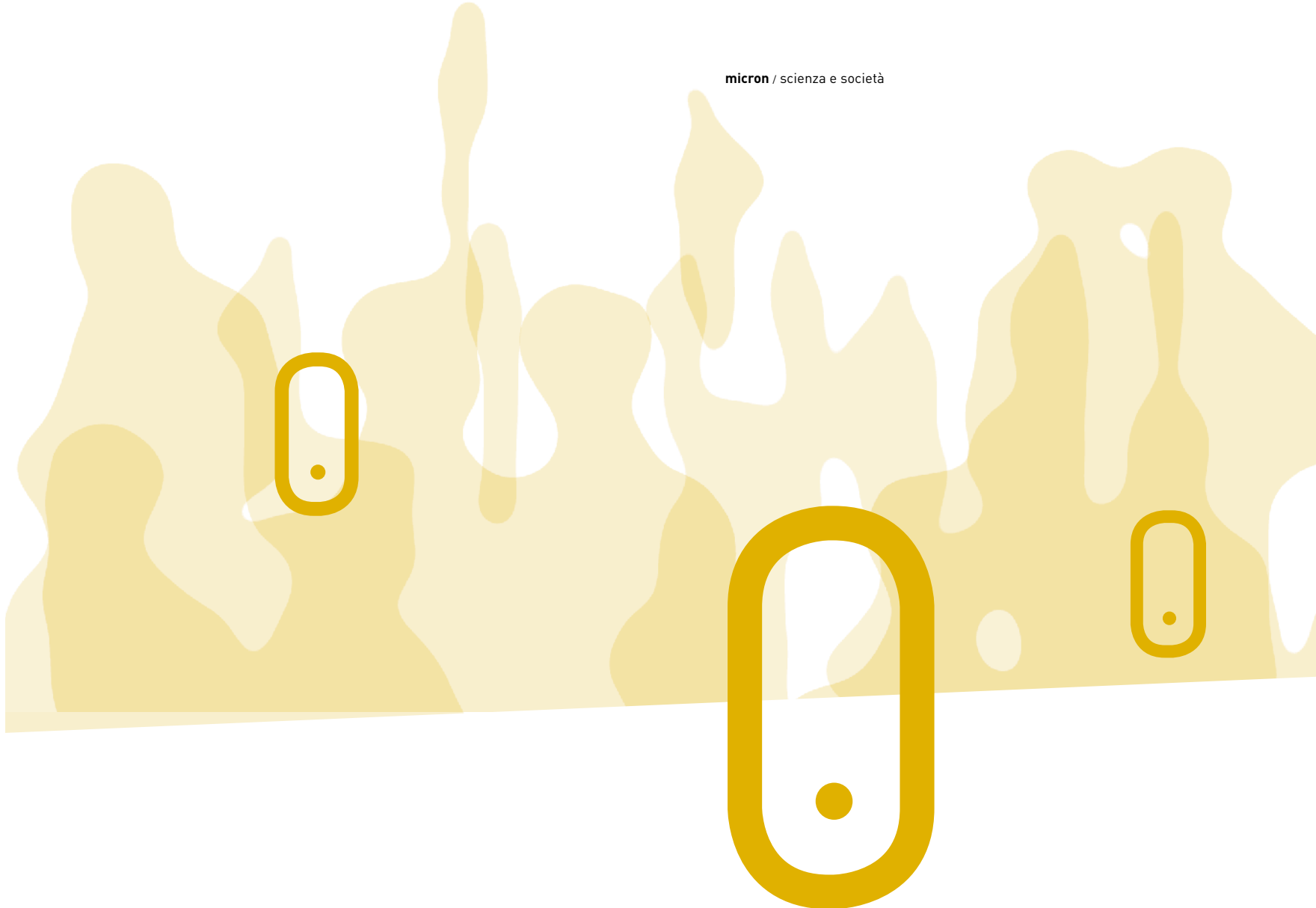
Tutte le funzioni e le applicazioni software che creano più dipendenza, infatti, sono pensate per soddisfare il bisogno di interagire con altri esseri umani. Ecco, allora, che quella che avevamo scambiato

(e sbrigativamente etichettato) come dipendenza da smartphone, in realtà, non sarebbe la dipendenza da una tecnologia in quanto tale, ma una ben più profonda e radicata pulsione all'interazione sociale. In altre parole, se vogliamo, la vera dipendenza che si manifesta è quella dal bisogno di socialità, mentre lo smartphone è solo lo strumento con cui soddisfare questo bisogno. Come a dire che nulla è cambiato dai tempi di Aristotele e che l'uomo è ancora lo stesso animale sociale di allora. Tuttavia, avvertono gli autori, quella che entro certi limiti è una sana spinta, può ben presto trasformarsi in una malsana dipendenza.

Il confine è labile perché se gli smartphone sfruttano un normale bisogno di socialità, è il ritmo del loro utilizzo che può salire al punto tale da trasformare l'interazione in una patologica iper-connettività, portando fuori giri i meccanismi di ricompensa e autogrificazione del cervello che indirizzano i nostri comportamenti e facendo degenerare il fenomeno in una vera dipendenza. Al riguardo il paragone che Veissière fa con il metabolismo umano è quanto mai suggestivo: «Nell'ambiente post-industriale delle nostre società, in cui il cibo è abbondante e prontamente disponibile, il bisogno di grassi e zuccheri, profondamente scolpito dalle pressioni evolutive del nostro passato, può facilmente divenire insaziabile e andare fuori controllo, portando a obesità, diabete e malattie cardiache. Allo stesso modo, i bisogni pro-sociali e le ricompense ottenute tramite lo smartphone come mezzo per connettersi, possono essere dirottati determinando atteggiamenti maniacali di monitoraggio iper-sociale».

Gli autori dello studio suggeriscono che



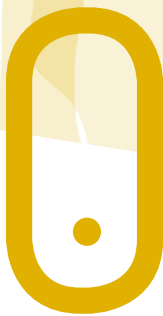


siano proprio l'aspettativa sociale e la ricompensa derivante dal connettersi con le altre persone a indurre e poi sostenere, relazioni di dipendenza con gli smartphone. La necessità di essere visti, ascoltati, pensati, finanche monitorati dagli altri, sono aspet-

Gli autori ritengono che la dipendenza da smartphone potrebbe essere iper-sociale, anziché antisociale

ti profondamente pro-sociali di questi meccanismi d'interazione che, per quanto spesso sottovalutati, raggiungono in profondità la parte sociale del nostro cervello e affondano nel comune e lontano passato evolutivo. Certo, a leggere la letteratura scientifica esistente in materia d'interazione tra smartphone

e persone (specialmente gli adolescenti¹) il quadro che se ne ricava può apparire a dir poco allarmante: l'uso degli smartphone è associato alla depressione², al materialismo³, all'ansia sociale⁴ e agli attacchi di panico, con il risultato di creare quella che gli autori dello studio definiscono «una generazione di “zom-bi” anti-sociali, cronicamente ansiosi e ossessionati da se stessi». Tuttavia, per Veissière e Stendel, questa lettura del fenomeno ha un punto debole: sarebbe un'interpretazione parziale dovuta al fatto che tutte le ricerche sembrano concentrarsi esclusivamente sull'aspetto tecnologico del problema, considerandolo come l'unico responsabile della dipendenza patologica. In questo modo sarebbe completamente trascurata la vera e profonda natura della questione, quella relativa agli aspetti evolutivi, comportamentali e, addirittura, neurologici. Convinti di questo, gli



autori propongono di inscrivere la questione in un più ampio quadro di analisi evolutiva e sostengono che l'attuale ossessione dello smartphone non sia né fondata, né tanto meno indicativa di un cambiamento del contesto psicosociale in cui l'esperienza umana è invariabilmente inquadrata. È per questo che insistono sul fatto che la spinta alla socialità sia una caratteristica fondamentale dell'evoluzione umana che precede gli smartphone di centinaia di migliaia d'anni⁵.

Secondo gli autori la questione, dunque, è molto più sottile di quanto si possa immaginare e coinvolgerebbe aspetti molto profondi, che ricadono nel campo delle neuroscienze comportamentali. Analizzando il fenomeno della dipendenza da smartphone e le modalità con cui si estrinseca, Veissière e Stendel hanno dedotto che gli stimoli forniti dalla messaggistica

istantanea, dalle e-mail e dai social media, forniscono nutrimento alla nostra (peraltro insaziabile) necessità di essere connessi e al nostro bisogno di guardare e monitorare gli altri. Ancora di più, soddisfano il nostro bisogno di essere visti, ascoltati, pensati, monitorati, giudicati e valutati dagli altri: è quello che gli autori chiamano monitoraggio iper-naturale. Ed è a questo punto che tornano utili le neuroscienze, per comprendere i meccanismi che si celano dietro certi comportamenti. Tutte le notifiche provenienti dalle tante applicazioni installate sugli smartphone che emettono segnali acustici, ronzii e mostrano messaggi a schermo, hanno l'unico scopo di avvisarci che un altro essere umano ha interagito con noi. Come spiegano gli autori, l'interazione sociale (che sia digitale o meno) attiva i circuiti di ricompensa dopaminergici nei gangli della base⁶, gli stes-

si circuiti implicati nell'uso di droghe che causano dipendenza⁷ o nei videogiochi compulsivi. Ma sono anche i circuiti responsabili dell'apprendimento associativo, il processo mediante il quale un individuo impara ad associare due stimoli⁸. In uno smartphone, quasi tutte le notifiche evocano un valore sociale e quindi attivano il circuito di ricompensa dopaminergico. Insomma, siamo in un classico schema comportamentale alla Pavlov. A ogni occorrenza di tali eventi l'associazione notifica-ricompensa si rafforza sempre di più, finché l'utilizzatore anticiperà e cercherà queste notifiche gratificanti sempre più spesso aprendo, così, la strada al comportamento dipendente e compulsivo. Per giunta, il sistema dopaminergico regola due funzioni che governano la dipendenza: l'anticipazione della ricompensa e la valutazione dei risultati⁹ e si è anche scoperto che i picchi dopaminergici occorrono tipicamente prima della ricompensa o, più precisamente, quando un segnale (ad esempio, acustico) annuncia l'erogazione certa di una ricompensa. Secondo questa scoperta, le dipendenze diventano più forti quando non riusciamo a capire bene lo schema e quindi non sappiamo quando aspettarci una ricompensa in modo affida-



Le notifiche evocano in noi un valore sociale, attivando il circuito di ricompensa dopaminergico

bile¹⁰. Quando, invece, il cervello può prevedere in modo troppo preciso ciò che accadrà, in genere s'innescano un basso livello di eccitazione.

In definitiva, l'indicazione fondamentale che risulta dall'analisi di questi meccanismi è che l'eccitazione è correlata più con l'anticipazione della ricompensa che con la ricompensa stessa. Questo spiega anche perché, quando i premi diventano troppo imprevedibili, l'eccitazione diventa di solito negativa, dando origine all'ansia. È evidente, allora, che la situazione che crea maggior dipendenza, senza generare troppa ansia, è quella intermedia, cioè quella di un'imprevedibilità dello stimolo (e quindi della ricompensa

prevista) né troppo alta, né troppo bassa. Da questo punto di vista le notifiche dello smartphone costituiscono una stimolazione perfetta: sufficientemente imprevedibile (e quindi altamente desiderabile) di annunci di ricompense che innescano eccitazioni molto forti. Ed è a questo punto che, a causa della natura profondamente sociale delle ricompense che i nostri telefoni ci fanno desiderare, finiamo inconsapevolmente risucchiati nel circolo vizioso della dipendenza. Se questa è la situazione, come se ne esce? Come si sconfigge il «fantasma affamato» della dipendenza da smartphone, come lo chiamano gli autori? La risposta più probabile è: con un approccio di riduzione del danno da dipendenza basato sull'uso responsabile, piuttosto che sull'astinenza completa. Il primo passo, come suggeriscono gli autori dello studio, potrebbe essere quello di riprendere il controllo del meccanismo stimolo-ricompensa, rendendolo nuovamente prevedibile, così da disinnescare l'attesa del premio. Spegner tutti i suoni e le notifiche può aiutare a scardinare il meccanismo pavloviano prima evocato, riconducendo a sani comportamenti di (auto)controllo. Si possono, poi, impostare intervalli regolari per controllare il proprio telefono, così da ridurre le forti voglie che derivano da schemi caotici di anticipazione della ricompensa. In questa direzione anche chiare politiche di comunicazione sul lavoro (come quelle che proibiscono le e-mail fuori orario lavorativo e nel fine settimana) hanno dimostrato di essere efficaci nel ridurre lo stress.

Alla fine, l'aver compreso tutti questi meccanismi porta a una precisa evidenza: l'uomo è un'entità estremamente complessa, fatta di chimica e biologia ma, in pari misura, anche di relazioni, con sé stessa, l'ambiente e gli altri, guidata da fattori ancestrali come quelli emotivi, sociali o cognitivi. Quando in tutto questo s'inserisce un elemento estraneo come la tecnologia, il rischio è di sopravvalutarne il ruolo e di attribuirle, come spesso ed erroneamente accade, la responsabilità del verificarsi di molti problemi, senza renderci conto, invece, che essa è neutra e che sono proprio i nostri comportamenti a determinare quei problemi.

Note Bibliografiche

¹<https://www.ordpsicologier.it/public/genpags/bigs/160706dipendenzadasmartphone.pdf>

²Steers, M. L. N., Wickham, R. E., Acitelli, L. K. (2014). Seeing everyone else's highlight reels: how Facebook usage is linked to depressive symptoms. *J. Soc. Clin. Psychol.* 33, 701–731.

Andreassen, C. S., Billieux, J., Griffiths, M. D., Kuss, D. J., Demetrovics, Z., Mazzoni, E., et al. (2016). The relationship between addictive use of social media and video games and symptoms of psychiatric disorders: a large-scale cross-sectional study. *Psychol. Addict. Behav.* 30, 252–262.

³Lee, Y. K., Chang, C. T., Lin, Y., Cheng, Z. H. (2014). The dark side of smartphone usage: psychological traits, compulsive behavior and technostress. *Comput. Hum. Behav.* 31, 373–383.

Twenge, J. M. (2017). *IGen: Why Today's Super-Connected Kids Are Growing Up Less Rebellious, More Tolerant, Less Happy—and Completely Unprepared for Adulthood—and What That Means for the Rest of Us*. New York, NY: Simon and Schuster.

⁴Billieux, J., Maurage, P., Lopez-Fernandez, O., Kuss, D. J., Griffiths, M. D. (2015). Can disordered mobile phone use be considered a behavioral addiction? An update on current evidence and a comprehensive model for future research. *Curr. Addict. Rep.* 2, 156–162.

Hussain, Z., Griffiths, M. D., Sheffield, D. (2017). An investigation into problematic smartphone use: the role of narcissism, anxiety, and personality factors. *J. Behav. Addict.* 6, 378–386.

⁵Hrdy, S. B. (2007). “Evolutionary context of human development: the cooperative breeding model,” in *Family Relationships: An Evolutionary Perspective*, eds C. A. Salmon and T. K. Shackelford (New York, NY: Oxford University Press), 39–68.

⁶Krach, S., Paulus, F. M., Bodden, M., Kircher, T. (2010). The rewarding nature of social interactions. *Front. Behav. Neurosci.*

⁷Belin, D., Jonkman, S., Dickinson, A., Robbins, T. W., Everitt, B. J. (2009). Parallel and interactive learning processes within the basal ganglia: relevance for the understanding of addiction. *Behav. Brain Res.* 199, 89–102.

⁸Hebb, D. O. (1976). Physiological learning theory. *J. Abnorm. Child Psychol.* 4, 309–314.

Seger, C. A. (2006). The basal ganglia in human learning. *Neuroscientist* 12, 285–290.

Yin, H. H., Knowlton, B. J. (2006). The role of the basal ganglia in habit formation. *Nat. Rev. Neurosci.* 7, 464–476.

⁹Linnet, J. (2014). Neurobiological underpinnings of reward anticipation and outcome evaluation in gambling disorder. *Front. Behav. Neurosci.* 8:100.

¹⁰van Holst, R. J., Veltman, D. J., Büchel, C., van den Brink, W., Goudriaan, A. E. (2012). Distorted expectancy coding in problem gambling: is the addictive in the anticipation? *Biol. Psychiatry* 71, 741–748.

Fukushima: completato il “muro di ghiaccio”

Stefano Pisani

Sette anni dopo il disastro nucleare, Fukushima presenta ancora un grosso problema di contaminazione. Nel 2017 è stato completato un “muro di ghiaccio” che ha lo scopo di impedire all’acqua di entrare in contatto con la centrale nucleare. Sfortunatamente però questo muro, che non ha mancato di suscitare alcune critiche, non si è dimostrato così efficace come molti avevano sperato

Partiamo dall’inizio. L’anno scorso il governo centrale del Giappone è riuscito a completare il “muro di ghiaccio” sotterraneo, dopo tre anni di lavoro e un costo di 35 miliardi di yen (pari a circa 320 milioni di dollari). Con i suoi oltre 38 metri di profondità e la sua lunghezza di circa 1,6 km, la struttura è stata concepita per impedire alle acque sotterranee di mescolarsi con l’acqua radioattiva che fuoriesce dalla centrale nucleare di Fukushima Daiichi, gravemente danneggiata nel 2011 da un terremoto e uno tsunami.

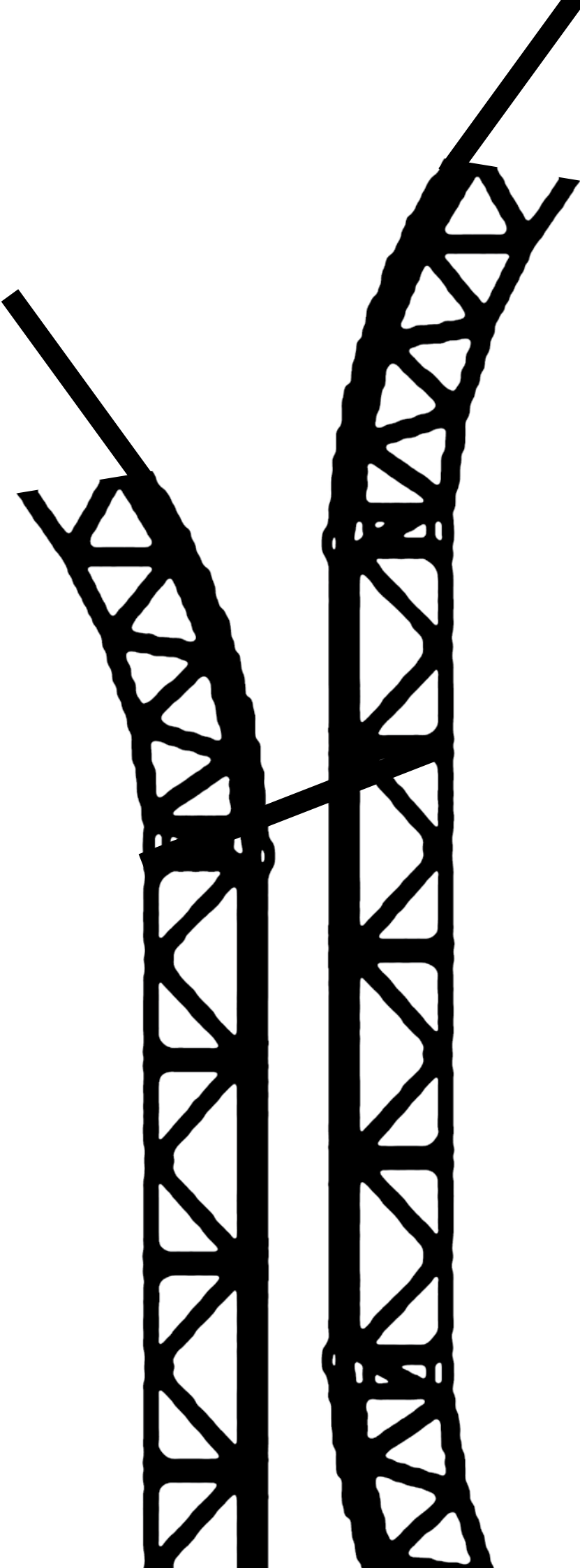
Le acque delle falde sotterranee, infatti, si mescolano con l’acqua radioattiva che trapela dai reattori danneggiati; ulteriore complicazione è poi costituita dal fatto che l’acqua contaminata, che filtra in profondità, può derivare anche dall’acqua piovana che viene a contatto con il suolo e con le strutture contaminate della centrale. Quel maledetto 11 marzo 2011 l’impianto nucleare di Fukushima Daiichi subì il crollo di ben tre reattori dopo un catastrofico evento combinato terremoto-tsunami.

Uno dei più forti terremoti mai registrati, di magnitudo 9, scosse la parte nord-orientale del Giappone provocando uno tsunami che causò la disattivazione di tre dei sistemi di raffreddamento delle quattro unità del reattore dell’impianto: il surriscaldamento del combustibile nucleare provocò una fusione, esplosioni di idrogeno con emissioni di radiazioni e il crollo dei reattori. Inoltre, più di 120 mila edifici furono distrutti e centinaia di migliaia di persone persero la propria casa; secondo le stime della Banca Mondiale, il costo economico totale di questo disastro naturale si aggira intorno ai 235 miliardi di dollari, una cifra che

ne fa uno dei più onerosi di sempre nella storia mondiale. Negli anni successivi, i tecnici hanno lavorato su come decontaminare il sito impedendo l’ulteriore rilascio di radiazioni nell’ambiente.

Gli ingegneri hanno installato 1.550 tubi sotterranei riempiti di refrigerante che sono stati progettati per creare una barriera di terreno ghiacciato attorno a quattro edifici danneggiati del reattore e alle loro turbine, in modo da controllare l’acqua sotterranea che scorre nell’area, fortemente radioattiva, e impedirne la dispersione. I tubi sono stati posti a una profondità di oltre 30 metri, l’equivalente di un edificio di dieci piani. Il liquido refrigerante nelle tubature congela il terreno circostante portandolo a meno 30 gradi centigradi e creando così il “muro di ghiaccio”.

Un muro di ghiaccio la cui costruzione è iniziata nel 2014 e che è stato attivato gradualmente, seguendo diverse fasi, a partire dal 2016. Le barriere congelate attorno agli edifici del reattore sono ora considerate complete. Il muro si è reso necessario perché i nuclei dei tre reattori danneggiati si sono sciolti durante l’incidente del 2011 e devono essere costantemente raffreddati con acqua per evitare che si surriscaldino. Quest’acqua di raffreddamento diventa così radioattiva e filtra attraverso le aree danneggiate negli scantinati dell’edificio, dove si mescola con le acque sotterranee, aumentando il volume di acqua contaminata. Finora, sono quasi 800.000 le tonnellate di acqua radioattiva che sono state pompate, trattate per eliminare cesio, stronzio e dozzine di altre particelle radioattive e immagazzinate in mille serbatoi che occupano praticamente ogni angolo dello stabilimento di Fukushima (e il volume



cresce attualmente di 100 tonnellate al giorno, anche se è un dato comunque inferiore a quello delle 400 tonnellate di quattro anni fa). Questa situazione, ovviamente, interferisce con la decontaminazione e la dismissione della centrale e aumenta il rischio di ulteriori dispersioni di acqua nel vicino oceano. Per impedire che altra acqua s'infiltri nel terreno e si contamini, è stato inoltre pavimentato più del 90% del sito ed è stata anche costruita una serie di canali di scolo e di barriere sotterranee oltre, appunto, al "muro di ghiaccio". I funzionari addetti alla sua costruzione hanno spiegato che il liquido refrigerante è sicuro per l'ambiente e i test effettuati suggeriscono che il sistema ha capacità sufficienti, nonostante i dubbi che l'enorme sistema di refrigerazione possa congelare efficacemente il terreno mentre l'acqua freatica continua a fluire nella zona. Gli esperti sono però preoccupati per il fatto che il muro di ghiaccio potrebbe non essere regolato rapidamente in una situazione di emergenza, come quella che deriva da un improvviso aumento del flusso di acqua contaminata, poiché occorrono diverse settimane per il congelamento. In particolare,



Gli ingegneri hanno installato 1.550 tubi sotterranei riempiti di refrigerante, per creare una barriera di terreno ghiacciato

c'è chi ha mosso critiche importanti sottolineando che la valutazione della struttura effettuata finora si basa su periodi in cui c'era poca pioggia ma, per esempio nella stagione dei tifoni, le cose potrebbero andare molto diversamente. Inoltre, i costi elettrici per il funzionamento del sistema di refrigerazione potrebbero essere superiori al previsto; il muro, poi, una volta formato può rimanere congelato solo per un massimo di due mesi in caso di interruzione di corrente. L'opera, che può sembrare un'idea apparentemente presa in prestito da un fumetto (ricordiamoci che siamo sempre in Giappone...), è stata criticata sin da subito perché troppo complessa e potenzialmente inefficace.

I sospetti pessimistici della fase di progettazione sono stati in qualche modo confermati quando, all'inizio dello scorso marzo, un'indagine commissionata dal governo giapponese ha fatto emergere che, se da un lato il muro contribuisce effettivamente a ridurre la perdita di acqua contaminata,

sarebbero necessarie misure più severe poiché esso si è dimostrato solo parzialmente efficace.

C'è da dire che questa megalitica costruzione deve fare i conti con una situazione come quella di Fukushima che, nonostante il tempo trascorso, non è certamente rosea. A distanza di sette anni, i materiali radioattivi fuoriusciti dal reattore danneggiato di Fukushima causano ancora la contaminazione delle falde acquifere, il che, come si è detto, complica seriamente gli sforzi per la definitiva disattivazione dell'impianto. Lo stato del reattore ha inoltre reso estremamente difficile identificare la posizione dell'uranio fuso intrappolato nell'impianto stesso, che è stato ripreso con telecamere solo l'anno scorso, usando sonde robotiche e tecniche di *imaging 3-D* a muoni (un tipo di particella subatomica). C'è da aggiungere che perfino i robot inviati per investigare e ripulire il sito non sono stati in grado di resistere alle radiazioni, peggiorando dunque l'emergenza mentre l'impianto continua a contaminare le falde acquifere. Secondo gli ultimi dati rilasciati dall'ente che gestisce l'impianto, la Tokyo Electric Power Co. (TEPCO), il muro di ghiaccio sta riducendo la quantità di acqua contaminata che fuoriesce dagli edifici del reattore a 95 tonnellate al giorno, mentre prima della costruzione della struttura la cifra ammontava a circa 200 tonnellate dall'interno dell'impianto ogni giorno. Inoltre, attualmente l'impianto dirotta verso l'esterno anche molta più acqua freatica prima che questa raggiunga i reattori, attraverso un sistema di drenaggio che utilizza dozzine di pozzi scavati nella zona. Nel complesso, la centrale continua ancora a contaminare circa 500 tonnellate di acqua al giorno, di cui 300 vengo-



Secondo il panel di esperti nominato dal Governo, l'opera è un aiuto ma da sola non può risolvere completamente il problema

no pompate e immagazzinate in un altro luogo per essere sottoposte al processo di purificazione. Il panel di esperti nominato dal Governo ha riconosciuto che il muro di ghiaccio è un aiuto, ma ha anche sottolineato che, da sola, questa struttura non può risolvere completamente il problema. Gli esperti, in particolare, hanno suggerito l'adozione di misure aggiuntive per ridurre al minimo l'afflusso di

acqua piovana e sotterranea, come la riparazione dei tetti e altre parti danneggiate degli edifici. I risultati rilevati dopo la recente stagione secca sono stati positivi, ma si è visto che le forti piogge sono in grado di causare picchi nella quantità di acqua contaminata. «Riconosciamo che il muro di ghiaccio ha avuto un effetto ma è necessario altro lavoro per mitigare la situazione prima che arrivino le intense precipitazioni della stagione dei tifoni», ha detto Yuzo Onishi, presidente del comitato governativo giapponese e professore di ingegneria civile dell'Università di Kansai.

Il capo della società di *decommissioning* della TEPCO, Naohiro Masuda, ha dichiarato, da par suo, che il muro di ghiaccio merita maggiore riconoscimento perché ha stabilizzato il movimento delle acque sotterranee e ha contribuito a eliminare le emergenze, riducendo contemporaneamente la quantità totale di acqua pompata, il che si traduce anche in un ri-

sparmio sui costi per il trattamento delle acque e dei serbatoi di stoccaggio. «Possiamo lavorare in modo più stabile grazie al muro di ghiaccio: intuitivamente, è molto efficace», ha detto Masuda. Il muro di ghiaccio costa circa 1 miliardo di yen all'anno (equivalenti a circa 9,5 milioni di dollari) per la manutenzione e per garantire l'operatività. Anche se non si tratta di una soluzione perfetta, ha stabilizzato i flussi di acque sotterranee e ridotto la quantità di acqua che deve essere pompata per mantenere la situazione sotto controllo.

Per quanto un gigantesco muro di ghiaccio possa sembrare goffo, il governo giapponese non ha comunque ancora trovato una soluzione più elegante a un problema che, anche a distanza di molti anni dal disastro nucleare, rimane più urgente che mai. E mentre il progetto può essere ancora ben lontano dall'ideale, è imperativo che Fukushima trattienga il minor quantitativo possibile di acqua contaminata. Attualmente, l'impianto è alle prese con una quantità sempre crescente di acqua (che risulta poi solo leggermente contaminata dopo il trattamento) che ammonta a circa 1 milione di tonnellate e che è immagazzinata in mille serbatoi che occupano uno spazio significativo nel complesso, dove prosegue uno sforzo decennale di smantellamento. Le autorità mirano a ridurre al minimo l'acqua contaminata nel reattore, prima di iniziare a rimuovere il combustibile fuso prevedibilmente nel 2021. Secondo una *roadmap* governativa, la TEPCO spera poi di finire completamente i lavori tra 30 e 40 anni. Ma alcuni esperti ritengono che questa potrebbe essere una stima troppo ottimistica. Tempi (e spese) notevoli sono dovuti principalmente al fatto che queste operazioni richiederanno tecniche ingegneristiche che non hanno precedenti. «In generale, le stime del termine dei lavori di decontaminazione e smaltimento di materiali nucleari sono sottovalutate di decenni», ha dichiarato Rod Ewing, professore di Sicurezza nucleare e Scienze geologiche alla Stanford University. «Più realisticamente, penso che dobbiamo aspettarci che il lavoro si estenda ben oltre il tempo previsto».

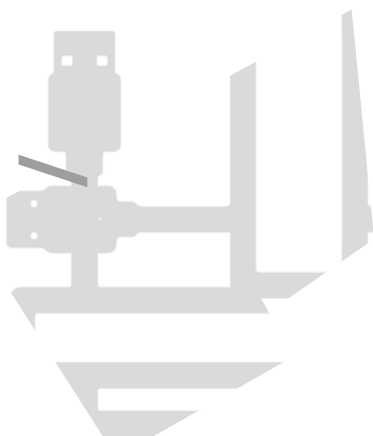
Luca Ciabatta - Ex centrale termoelettrica di Pietrafita



Donne e scienza, la lunga strada verso la parità di genere

Valentina Spasaro

La questione della parità di genere è oggi più che mai sotto i riflettori e al centro dell'attenzione dell'opinione pubblica mondiale. Un tema che tocca in modo particolare il mondo della scienza e della ricerca, dove persiste un gap tra donne e uomini in termini di formazione, occupazione e possibilità di carriera. Da Ipazia, Marie Curie e Rosalind Franklin molta strada è stata fatta ma molta è ancora da compiere



Il biglietto da visita del dizionario Merriam-Webster, è il suo imponente motto: *America's most-trusted online dictionary*. Poco si può fare dinanzi alla fiducia totale che i cittadini del nuovo continente ripongono in questa *company*, specializzata in dizionari sin dal 1843. Stando al Merriam-Webster, nel 2017 la percentuale di ricerca della parola "femminismo" è cresciuta del 70%. Su questo dato hanno influito due momenti focali in cui il tema è stato fortemente attenzionato, non solo dall'opinione pubblica mondiale ma anche dalla politica e dall'economia. *In primis* stiamo parlando della *Women's march* che a cascata, dall'alba del governo Trump in poi, ha coinvolto tutti gli Stati Uniti e la maggior parte delle capitali europee. Il secondo evento, forse più significativo, è stato il *Weinstein-gate*, cioè la catena di denunce che moltissime attrici hollywoodiane, e non solo, hanno mosso, per abusi, nei confronti del famoso produttore cinematografico Harvey Weinstein – dalla quale è successivamente nato il simbolico hashtag *#MeToo*, leitmotiv di un tam-tam che ha invaso i social network per denunciare o mostrare solidarietà alle donne, vittime di abusi, di tutto il mondo. Il dato restituito dal dizionario americano, se da un lato implica un maggior interessamento sulle teorie di eguaglianza politica, economica e sociale tra i sessi, dall'altro implica un ancora distratta conoscenza sul tema.

Nella scienza, il divario tra donne e uomini rimane ancora un neo del settore. Secondo il Centro Europeo per lo sviluppo della Formazione Professionale (CEDEFOP), entro il 2025 l'occupazione nelle discipline cosiddette STEM, professioni legate a scienza, matematica,

tecnologia e ingegneria, dovrebbe aumentare di circa il 4%. Dovrebbe. Il rischio di non centrare le prospettive di crescita potrebbe dipendere, infatti, dalla mancanza di occupazione femminile proprio negli ambiti STEM. Per sensibilizzare sulla necessità di un maggior coinvolgimento professionale dell'impegno femminile in discipline scientifiche, l'UNESCO ha istituito l'11 febbraio la Giornata internazionale per le donne e le ragazze nella scienza, iniziativa a sostegno, inoltre, dell'uguaglianza di genere, uno dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

Nel 2013 uno studio condotto dal *Boston Consulting Group* in 14 Paesi ha evidenziato come il *gap* di genere cresca progressivamente risalendo la piramide gerarchica della ricerca e della formazione: la percentuale di possibilità che una ragazza consegua una laurea triennale scientifica è del 18%, percentuale che si riduce all'8% in caso di laurea specialistica. Allarmante il misero 2% di possibilità che una laureata ha di conseguire un dottorato di ricerca in ambito scientifico. Se si parla di soggetti maschili questi dati vengono raddoppiati nei primi due casi e triplicati in caso di dottorato.

La riflessione più approfondita sul tema è reclamata dai dati che emergono dall'*UNESCO Science Report: towards 2030*, dove in 800 pagine vengono descritti sviluppi e tendenze nell'ambito dell'innovazione, della scienza e della tecnologia, in un lasso di tempo che va dal 2009 al 2015 e copre la quasi totalità delle aree mondiali. Salta immediatamente all'occhio come la percentuale di donne attive nella ricerca scientifica sia il più delle volte slegata dall'indice di sviluppo umano del singolo Paese: le ricercatrici giappo-

nesi rimangono sotto il 15%, condividendo il medesimo dato con le ricercatrici indiane; le donne occupano nel mondo della ricerca dell'America Latina il 44,3% contro il 28,4% dell'Europa.

Fanno invece ben sperare le percentuali che attestano, in Unione Europea, un aumento dell'interesse femminile verso le discipline STEM superiore in proporzione a quello degli uomini con un +3,3% contro un +5,1% "rosa". Seppure le percentuali e i dati in generale necessitano di una riflessione costante e di un impegno specialmente istituzionale sempre più approfondito, il trend positivo che si registra in termini di riconoscimento del lavoro delle scienziate rende ottimisti sulla rottura definitiva del terribile soffitto di cristallo che ancora pende, come una spada di Damocle, sulla testa delle donne di scienza. Gli esempi positivi e stimolanti più noti arrivano anche dall'Italia con l'attività di divulgazione, diretta e indiretta, derivata dall'esperienza del capitano dell'aeronautica militare, ingegnere e astronauta ESA/ASI Samantha Cristoforetti che, con la missione *ISS Expedition 42/Expedition 43 Futura* del 2014-2015, ha conseguito il record europeo e femminile di permanenza nello spazio in un singolo volo (199 giorni), record sottratto da Peggy Whitson nel 2017. *#AstroSamantha*, così chiamata e acclamata dal popolo *social* che ha seguito le sue vicende nello spazio con attenzione e meraviglia, è diventata un'icona delle donne di successo nella scienza. Probabilmente il fatto di aver riportato all'attenzione dell'opinione pubblica mondiale l'e-



Secondo una ricerca, solo un docente ordinario su cinque in materie come matematica, fisica, ingegneria, è donna

sperienza dello spazio, raccontata e vissuta da una scienziate, ha generato una grande attrattiva sulle nuove generazioni che difficilmente sarebbe potuta arrivare in epoche precedenti. Probabilmente, dunque, è possibile ragionare sul fatto che questa onda crescente – seppur ancora non tsunami – di





avvicinamento da parte delle donne alle carriere scientifiche, sia stata plausibilmente agevolata da un accesso più libero ad un'informazione altrettanto più svincolata da pregiudizi tradizionali e culturali. Chiaramente questo è un movimento innovatore che non coinvolge, ancora, tutte le parti del mondo, lasciando alcune aree totalmente indietro in termini di diritti delle donne e *gender gap*. Ma alcuni esempi positivi lasciano intravedere un barlume di speranza anche per queste zone più "arretrate" in termini di parità dei sessi. In tal senso è emblematica, anche per il ruolo fondamentale avuto nello smuovere l'attenzione pubblica sulla questione dell'integrazione nella scienza, la figura della matematica iraniana Maryam Mirzakhani che nel 2014 si è aggiudicata la medaglia Fields, diventando la prima donna e la prima iraniana a vincere l'ambito premio, massimo riconoscimento nel campo. La Mirzakhani, recentemente scomparsa a soli 40 anni, ha sradicato ogni cliché che vuole le donne lontane dal mondo della matematica, diventando inoltre un grande baluardo dell'emancipazione iraniana e infrangendo ogni barriera che culturalmente e storicamente si fatica a superare nel suo Paese di origine.

Ritornando ai dati del report UNESCO, ancora emerge come sia maggiormente faticoso per una donna cercare di intraprendere una carriera nel mondo accademico e della ricerca: la severità dei giudizi, i problemi con i supervisori, la disincentivazione al proseguire gli studi, specie in caso di maternità, sono tutti fattori che incidono in modo notevole sulle



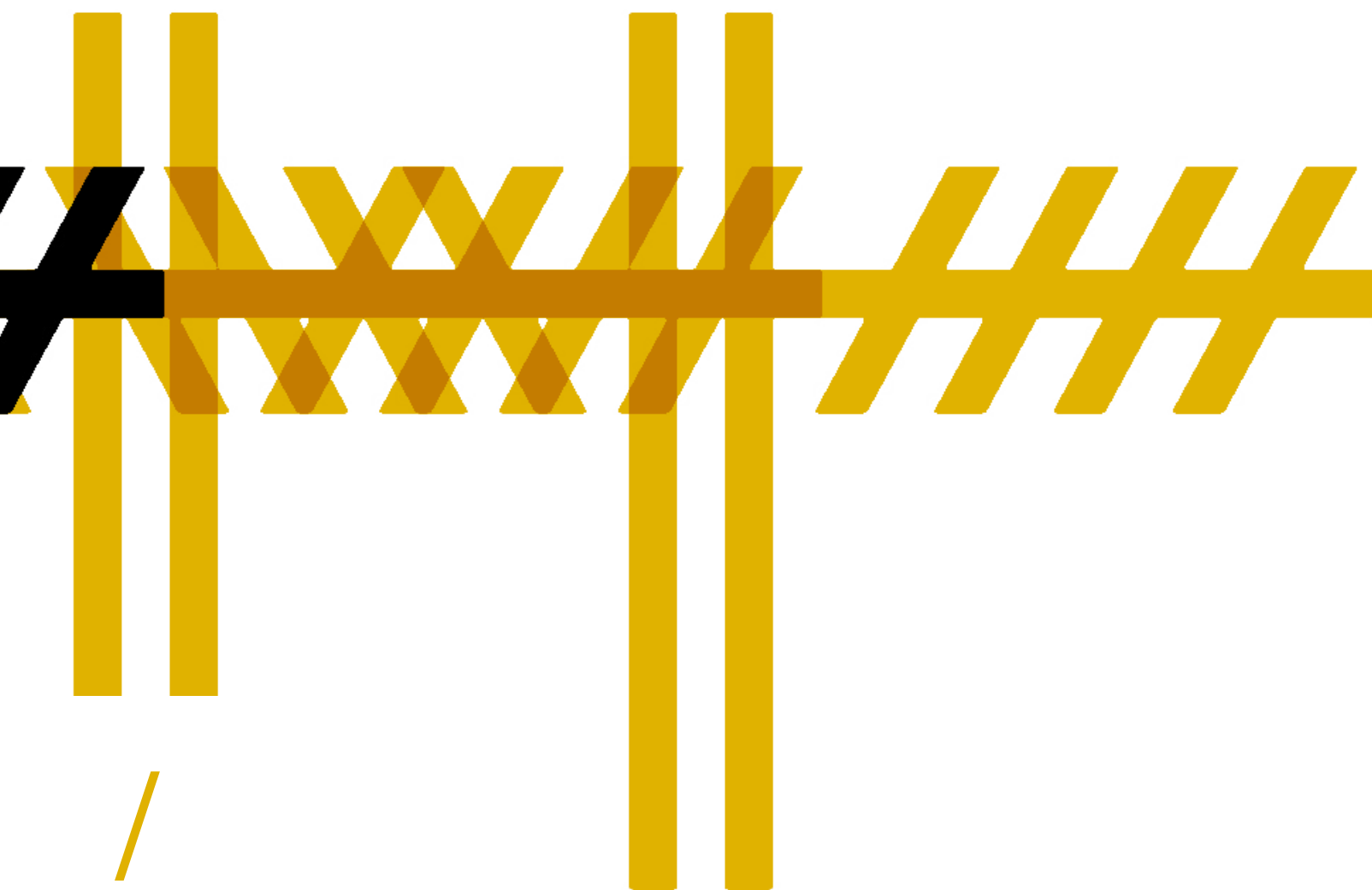
Nella UE è in un aumento l'interesse femminile verso le discipline STEM rispetto a quello maschile

statistiche. L'UNESCO in tal senso conclude con decisione questo allarmante report indicando la necessità di cambiare i paradigmi di approccio con l'universo femminile nelle discipline STEM, cercando di iniziare a scardinare, sin dai primi *step* dell'istruzione, preconcezioni e demoralizzazioni culturali.



L'informazione sulle tematiche relative alla disparità fra sessi, soprattutto in ambito scientifico, passa sempre dall'istruzione. Casi editoriali come *Storie della buonanotte per bambine ribelli*, racconti a misura di (future) donne che ripercorrono le vicende delle grandi figure femminili che hanno cambiato il corso della storia nelle scienze, come in altri settori, ci costringono ad osservazioni di ordine diverso: le storie di Marie Curie, di Rita Levi Montalcini, di Rosalind Franklin, di Ipazia, sono storie entrate nell'ottica comune come narrazioni di figure vincenti che, attraverso lo studio e il sacrificio, hanno raggiunto livelli di conoscenza elevatissimi, storie di donne brillanti

rimaste nell'ombra a causa di discriminazioni e abusi; sono storie che devono essere raccontate non solo alle bambine che sognano di esplorare lo spazio o di vincere un premio Nobel, ma anche ai loro coetanei dell'altro sesso, così che tutti possano apprendere i valori della condivisione e della parità anche da modelli femminili, appannaggio di tutte le nuove generazioni, senza distinzione di genere. Il cambiamento è possibile solo se si pone una modificazione condivisa. Nelle università, solo un docente ordinario su 5 in materie come matematica, fisica, ingegneria, è donna: a rivelarlo è una ricerca condotta da Rossella Bozzon del Centro Studi di genere dell'Università di



Trento. Ed è da questa Università che arriva un gesto forte per informare sull'urgenza di un cambio di prospettiva nella questione di genere in campo scientifico. A distanza di novant'anni da quella famosa fotografia scattata durante il Congresso di Solvay a Bruxelles, dove venivano ritratti 28 scienziati uomini e una sola donna, Marie Skłodowska Curie, l'Università di Trento e la Società Italiana di Fisica hanno diffuso uno scatto simile, ma diametralmente opposto. A posare nel cortile del Polo scientifico e tecnologico Fabio Ferrari di Trento, sono presenti 28 fisiche italiane e un solo uomo, il professor Guido Tonelli dell'Università di Pisa. Come si legge sul sito

ufficiale dell'Università: «L'iniziativa è stata promossa per sensibilizzare sull'importanza di rendere visibili le tante donne che già lavorano nel campo della fisica in Italia. E per incoraggiare la diffusione di modelli femminili per quanto riguarda gli ambiti scientifici».

Dal singolo gesto al grande movimento, nessuno sforzo è vano se va nella direzione dell'inclusione. La scienza deve insegnare ad essere coerente con se stessa, nello spirito dei grandi team di ricerca che raccolgono intorno a sé risorse umane di ogni estrazione politica e sociale, multietniche, in un *melting pot* che non deve certamente dimenticare la parità dei sessi.

La battaglia di Keplero per salvare la madre dal rogo

Salvatore Marazzita

Le cesure storiche portano spesso a valutare in blocco il '600 come il secolo della Rivoluzione scientifica, ovvero quell'insieme di studi, conoscenze e cambiamenti di prospettiva, figli delle scoperte di Copernico e maturati grazie a figure centrali quali Galileo, Bacone, Keplero, Cartesio e molti altri pensatori e scienziati. Il primo mattone di quella nuova struttura della conoscenza è stato posto nel 1543 proprio da Copernico, con il *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, in cui notoriamente si affermava il sistema eliocentrico, vera e propria sfida all'*ipse dixit* aristotelico-tolemaico, che si era imposto come modello per secoli. Gli epigoni dell'astronomo polacco non si fecero attendere e, ben presto, già all'inizio del '600 furono in molti a sostenere e studiare i nuovi risultati. Tra questi sicuramente il nostro Galileo e Johannes von Kepler, per gli amici Keplero. Sulla spinta di queste grandi personalità del pensiero, ha inizio la cosiddetta Rivoluzione scientifica, in un periodo di forti contrasti politico-religiosi che vedevano coinvolta gran parte dell'Europa.

Qualche decennio prima, nel 1487, vedeva la luce invece un libro che spiegava, con una minuzia mai vista prima, il modo in cui si dovessero trattare le streghe, al fine di estirparle definitivamente dalla società: il *Malleus Maleficarum*, letteralmente "il martello delle malefiche", a cura di due frati domenicani tedeschi, Sprenger e Kramer. La pubblicazione e la diffusione del testo non risulterebbe di grande rilievo se non per il fatto che a partire dal 1580, a distanza di cento anni dalla prima pubblicazione, ebbe un enorme successo e fu ristampato e diffuso su larga scala. Nel '600, nonostante la forte spinta razionalistica che l'Europa stava prendendo, sotto la guida delle scoperte scientifiche, la caccia alle streghe era ancora attiva e diffusa e il martello continuava a colpire ovunque.

Caso emblematico di questa doppia natura del secolo in questione è proprio uno tra i maggiori pensatori dell'epoca: Keplero, scopritore dell'ellitticità delle orbite dei pianeti e delle tre leggi che portano il suo nome, le cui vicende personali potrebbero rappresentare questa contraddizione. Nel 1615 fu il pensatore tedesco a dover prendere le difese di sua madre accusata di stregoneria, in un processo che durò sei anni. Questa vicenda della sua vita, non approfondita da altri studi, è ricostruita con minuzia e passione da Ulinka Rublack, insegnante all'Università di Cambridge e studiosa della prima età moderna, nel libro *L'Astronomo e la Strega*, che si configura come lavoro fondamentale per l'approfondimento storico su uno spaccato di vita dell'Europa del XVII secolo. L'esame del caso di Katharina Keplero offre la possi-

bilità di entrare nella vita quotidiana di una piccola comunità luterana e di osservarla attraverso una lente di ingrandimento, come afferma l'autrice in apertura.

La trama storica non è molto complessa e si snoda seguendo l'intreccio del rapporto tra madre e figlio. Venuto a conoscenza della notizia, Keplero, costretto ad abbandonare la stesura di una importante opera e il suo lavoro a Linz, si precipita dalla madre ultrasettantenne, accusata di comparire all'improvviso davanti alle persone e di preparare intrugli mortiferi. L'accusa si configura subito come un vero e proprio dramma familiare. Appariva chiaro allo stesso Keplero che l'intento dell'accusa fosse quello di colpire indirettamente anche lui, forse per le sue posizioni teoriche, considerate potenzialmente eretiche. In quel periodo non era affatto difficile ritrovarsi a doversi difendere dal rogo. Si ricorda che l'astronomo decise di rifiutare una cattedra all'Università di Bologna proprio per paura di finire come Galileo o, peggio, come Giordano Bruno.

Johannes si poneva entusiasticamente nei confronti delle novità, delle innovazioni tecniche e scientifiche, incarnava l'ideale dell'uomo razionale che stava nascendo, ma rimaneva, come molti altri studiosi europei, legato a molte credenze religiose, nel suo caso luterane. Questa dialettica tra religione e scienza aveva costretto Keplero ad affinare la capacità di confutare e persuadere gli avversari delle sue teorie scientifiche: aveva imparato a difendersi nelle dispute filosofiche. L'aver maturato questo tipo di esperienza gli consentì di giungere preparato ad una sfida nuova: smontare l'accusa di stregoneria alla madre, che significava riuscire a muoversi legalmente su un terreno molto scivoloso. Sarebbe stata la sua più grande sfida. Non mancano gli ingredienti per un ottimo romanzo, con la speciale consapevolezza di leggere una storia vera. La fluidità della narrazione rende il libro fruibile e godibilissimo, proiettando sin dalle prime pagine il lettore nel clima e nell'ambientazione storica del tempo. La forma romanzata lo rende scorrevole e avvincente, a vantaggio di chiarezza espositiva e precisione storica, che rimangono il punto di forza del libro.

L'astronomo e la strega
ULINKA RUBLACK
HOEPLI, 2017
pp. XVIII-356, euro 29.90



Siamo pronti a un mondo senza progresso

Salvatore Marazzita

Parlare di progresso al tempo della quarta rivoluzione industriale sembrerebbe anacronistico, se non altro per l'uso concettuale di un termine che sembrava essere caduto in disuso. Il positivismo è superato, la fiducia nella scienza si è trasformata da fede a dato problematizzato, le mirabolanti fantasie ottocentesche, se non si sono concretizzate, hanno comunque trovato una dimensione fattuale. C'è però chi avverte la necessità di una riflessione che intenda esaminare cosa significhi oggi progresso, quali siano le paure e i timori che deriverebbero dal naturale proiettarsi in avanti dell'uomo, attraverso un triplice sguardo: al passato, alla situazione attuale e tentando un'anticipazione del futuro. Edoardo Boncinelli, stimato genetista e docente di Filosofia dell'Università Vita-Salute San Raffaele di Milano, affronta questi temi nel libro *Un futuro da dio*.

La sfera concettuale intorno al tema principale si affronta con un'idea sottesa, delineata attraverso un aneddoto dall'autore: il fatto che al progresso scientifico non sia corrisposto storicamente un progresso morale dell'umanità, dal momento che chi era preposto a guidare questo speciale tipo di evoluzione, non avrebbe fatto bene il proprio mestiere. La scienza si sarebbe invece fatta carico del proprio onere più grande, quello di condurre l'umanità verso una forma di emancipazione dalle incombenze biologiche.

È necessario, secondo l'autore, riportare primariamente in ordine il concetto di progresso, legato naturalmente al suo lemma: "progresso" significa sommariamente "andare avanti". È proprio così scontato? Che cos'è dunque il progresso? In che direzione va? Continuerà ad aumentare o si fermerà? Queste le domande che l'autore cerca di chiarire, attraverso una riflessione lucida e scorrevole, tenendo in considerazione la difficoltà insita nell'aspetto di fluidità che il concetto in questione necessariamente richiama. L'essenza del progresso sarebbe forse quella del procedere, senza lasciarsi oggettualizzare come se si trattasse di un fatto storico, del quale certamente sarebbe possibile tracciare una visione chiara. Una riflessione quindi difficile, proprio come la natura del problema, che l'autore affronta procedendo attraverso ragionamenti progressivi e chiarificatori, nel tentativo di tracciare una storia dell'umanità dal punto di vista del progresso, sia scientifico che morale, con uno sguardo rivolto alla riflessione filosofica, che la questione richiede giocoforza.

Ad un primo contatto emerge evidente la considerazione del progresso come di un avanzamento che non sia necessariamente un salto in avanti, verso il meglio, come i più si sforzerebbero di affermare,

ma che invece storicamente si siano avuti dei punti oscuri, come ad esempio l'invenzione della polvere da sparo e delle armi, che, se da un lato possono essere considerate progresso scientifico, d'altro canto segnerebbero una macchia nella storia della tecnica. Ritenere che la polvere da sparo sia un regresso o un'onta, sottintende la visione secondo cui il progresso abbia in sé una forza lineare e, soprattutto, che tenda naturalmente verso il meglio. In realtà forse sarebbe da considerare queste ed altre invenzioni "negative", come dato derivante dalla difficoltà di avanzamento insita nella natura dell'uomo. Nel cammino della scienza, i percorsi non sono quasi mai lineari, ma procedono invece per retrocessioni lievi e cambiamenti di direzione. Le forme di progresso considerate "negative", potrebbero invece essere assorbite all'interno di un avanzamento culturale di più ampio respiro. Si apre così una divaricazione netta, derivata dalla visione di un progresso scientifico che non avrebbe dato gli stessi buoni frutti in campo morale. Come nota l'autore, la bontà, la tolleranza, l'accettazione sociale, simboli di una buona etica, non sono aumentate allo stesso ritmo che le innovazioni tecniche.

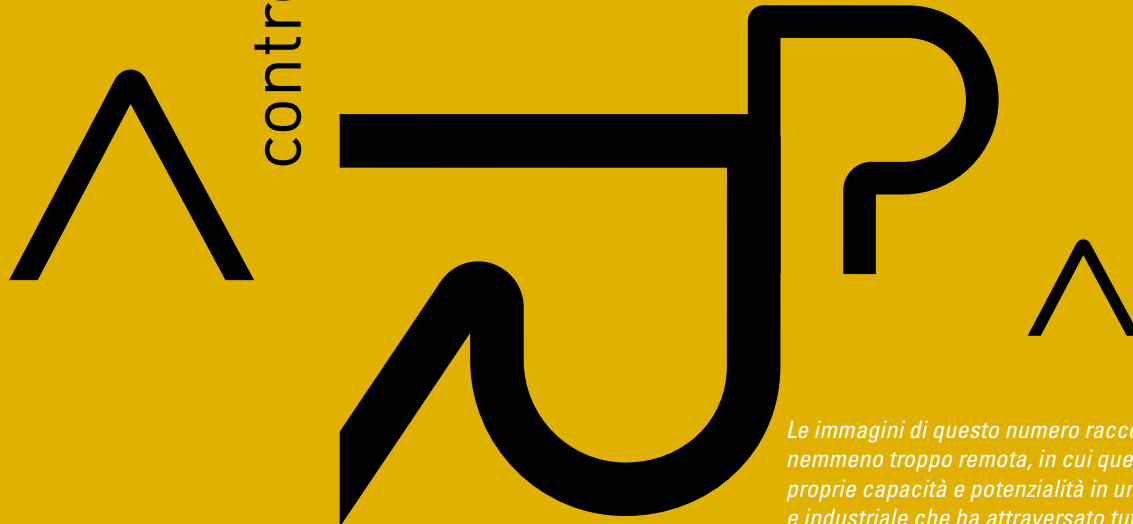
Lo scopo del libro si inserisce proprio all'interno di questo dualismo: progresso tecnico-scientifico e progresso morale devono essere considerate due entità diverse, con caratteristiche evidentemente distinte e inconciliabili. Si tratta dunque di comprendere che questi due enti si originano dall'uomo, ed è proprio nella sua natura che risiede la chiave per la decifrazione della loro differenza. Siamo, come genere *sapiens*, costantemente sottoposti a due spinte evolutive. Una biologica, animale, istintuale, che si legherebbe al progresso morale; l'altra culturale, legata al pensiero, alla scienza. La prima cammina più lentamente, dal momento che si trasmette in maniera verticale, da uno a uno; mentre la seconda si diffonde molto più velocemente, dato che si trasmette da uno a molti. Su questa prima sostanziale differenza, nelle parole di Boncinelli, progresso interno ed esterno, si innesta la possibilità di una riflessione su un tema scottante, che riguarda sì la scienza, ma coinvolge tutto il mondo della cultura. La storia dell'uomo è la storia del suo modo di considerarsi al mondo: avanzato tecnologicamente ma forse eticamente non ancora pronto ad affrontare le sfide per una civiltà del futuro.

Un futuro da Dio
EDOARDO BONCINELLI
Rizzoli, anno 2018
pp. 160, euro 18



Luca Ciabatta - Castello Cinquecentesco, nei pressi di San Marco (PG), adibito negli ultimi anni anche da agriturismo oramai in disuso





controllo prevenzione protezione dell'ambiente

Hanno collaborato a questo numero:

Francesca Buoninconti
Giornalista scientifica

Liliana Cori
Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale,
Istituto di Fisiologia Clinica del CNR

Pietro Greco
Giornalista scientifico

Romualdo Gianoli
Giornalista scientifico

Francesca Gorini
Unità di ricerca in Epidemiologia ambientale,
Istituto di Fisiologia Clinica del CNR

Cristina Da Rold
Giornalista scientifica

Salvatore Marazzita
Comunicatore della scienza

Stefano Pisani
Giornalista scientifico

Stefano Porciello
Esperto di relazioni internazionali

Cristiana Pulcinelli
Giornalista scientifica

Valentina Spasaro
Comunicatrice della scienza

Le immagini di questo numero raccontano una storia, nemmeno troppo remota, in cui questo Paese ha tradotto le proprie capacità e potenzialità in un percorso urbanistico e industriale che ha attraversato tutta la penisola. I ritratti mostrano ciò che in molti luoghi rimane delle trasformazioni che dalla fine del secolo scorso hanno investito anche la nostra regione.

