



38

micron

ecologia, scienza, conoscenza

/ Clima e lingua
/ La lezione delle *fake news*
/ I negoziati sul clima ai tempi di Trump



controllo

prevenzione

protezione

dell'ambiente

orvieto
O

castiglione del lago
C

perugia
P

città di castello
C

todi
T

bastia umbra
B

foligno
F

terni
T

gubbio
G

gualdo tadino
G

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
Alvaro Masseini

Stampa
Graphicmasters

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

© Arpa Umbria 2017

La lezione delle fake news 05
Fabio Mariottini

**Difendiamo il pianeta, non abbassiamo
la guardia** 07
Claudia Sorlini

COP 23: il treno del clima si è fermato? 13
Grammenos Mastrojeni

Mal d'aria, a pagare di più sono i bambini 18
Cristina Da Rold

**Fracking, ora emergono i potenziali
danni alla salute** 24
Cristiana Pulcinelli

**L'Umbria e la Paleontologia:
radici profonde e scoperte recenti** 28
Marco Cherin

**Scuola: alla ricerca di una nuova
grammatica della fantasia** 36
Pietro Greco

**Clima e lingua: avevano ragione
nell'Ottocento?** 41
Alessandra Cutri

Quando musica e scienza si incontrano 48
Valentina Spasaro

Micron letture 52



La lezione delle fake news

Fabio Mariottini

Nel 2013 il *World Economic Forum* concludeva i lavori con una lista di sfide da affrontare nel prossimo futuro: crisi economica, divario tra Paesi ricchi e Paesi poveri, problemi ambientali, salute. A questo elenco per la prima volta si aggiungeva l'esplosione digitale, che ha ormai rivoluzionato il nostro modo di vivere e di lavorare. Durante il WEF si analizzò con accuratezza il *global risk of massive digital misinformation*, il rischio della disinformazione. Con la scomparsa della figura dell'esperto (siamo tutti emittenti in grado di produrre e diffondere informazione) è aumentato il rischio di trovarci davanti a una ridondanza di false notizie che, attraverso i social media, possono diventare facilmente virali. Se si calcola che oggi le persone collegate ai mezzi di comunicazione di massa sono circa 2 miliardi, è evidente che la minaccia non è da sottovalutare. Il "pericolo digitale", quindi, non è più determinato solo dalla capacità degli hacker di portare attacchi mirati alle piattaforme informatiche che presidono la nostra vita quotidiana, ma si è arricchito di altre forme: le bugie, il gossip. Che oggi hanno assunto una rilevanza strategica a causa della velocità di trasmissione delle notizie. A questo si deve aggiungere la superficialità del *mainstream* mediatico, marcato nelle redazioni dalla mancanza di *fact checker* (verificatori dei fatti) assolutamente indispensabili in particolare oggi che ci troviamo immersi nella società dell'informazione e per ultimo, ma non meno importate, l'errore strategico degli editori che tentano, senza riuscirci, di rincorrere i social media sia sulle strategie, sia nei contenuti.

Rispetto alla velocità poco si può fare, quindi l'unica scelta è se preferire la via della qualità o quella della rapidità. Considerando che non ci troviamo in un autodromo, va da sé che una informazione che si presume "accreditata" deve essere sempre affidabile e non può permettersi sbavature. Forse è meglio uscire con la notizia qualche ora dopo, ma sapere che ciò che si sta scrivendo poggia su basi solide e reali, che rincorrere l'ultimo strillo di internet. Le tematiche individuate dal WEF come maggiormente esposte alle mistificazioni sono salute, economia e ambiente. In generale, comunque, è l'intero complesso della scienza a trovarsi sotto "attacco". Per molti motivi, tra cui il principale riguarda i tempi di verifica che nella scienza sono più lenti e non possono essere misurati in ore.

Gli effetti di questa *misinformation* possono essere devastanti. Il caso dei vaccini è un esempio di cosa si possa generare da una *fake news*. Nel 1998 il medico britannico Andrew Wakefield pubblicò su l'autorevole rivista *The Lancet* uno studio che provava la relazione tra vaccino trivalente (parotite, morbillo, rosolia) e l'enterocolite autistica. La cosa suscitò un grande scalpore a livello mediatico, ma un'accurata disamina dei fatti eseguita dal giornalista Brian Deer sgonfiò la ricerca dimostrando che i dati erano falsi e il medico aveva interessi economici, neppure troppo nascosti, sulla scoperta di un nuovo vaccino che non dava effetti collaterali rispetto a questa forma di autismo, inesistente, che lui stesso aveva inventato. Wakefield fu radiato dall'ordine dei medici, la rivista britannica ritirò l'articolo, ma gli effetti prodotti da quella *fake news* sono ancora oggi evidenti e riscontrabili, ad esempio, nel calo delle vaccinazioni nel nostro Paese.



Un altro nervo scoperto del sistema mediatico è determinato dal rapporto tra democrazia e informazione. La mancanza di una struttura di gerarchizzazione della notizia amplia sicuramente il campo degli attori, ma allo stesso tempo apre uno spazio illimitato a ogni forma di mistificazione e, così, l'informazione diventa inaffidabile, minando quel campo che prima aveva arato. A questo punto si pone l'annosa questione del "che fare". La risposta non è facile e implica il coinvolgimento di tutti i protagonisti: il sistema mediatico, i cittadini, la politica. I giornalisti, perché hanno o dovrebbero avere a disposizione i mezzi e le conoscenze per operare il *debunking*. Fare "notizia", infatti, implica prima di tutto la conoscenza dei fatti, e per fare buon giornalismo è anche necessario essere meno arroccati su rendite di posizione ormai obsolete e riservare più attenzione ai processi evolutivi di una società in continuo cambiamento. I cittadini, dal canto loro, prima di sposare una causa dovrebbero accertarsi di avere gli strumenti adeguati per valutare nella loro complessità scientifica, sociale e ambientale, gli effetti di una decisione. A questo scopo, oggi esiste la possibilità di consultare alcuni siti creati da gruppi di *debunking* che in Italia sono, solo per citarne alcuni, *Il disinformatico*, *Bufale.it*, *Bufale un tanto al chilo*, *Cicap*. Le responsabilità della politica vanno invece ricercate nella incapacità di determinare un sistema di controllo della veridicità dell'informazione autorevole e non autoritario. L'esempio più eclatante nel nostro Paese è dato dalla televisione pubblica che, pur essendo un "servizio" ai cittadini, non riesce a uscire dalle secche del pettegolezzo e dello scoop di facile consumo.

Tra tante nefandezze, le *fake news* però un merito l'hanno avuto: hanno portato alla luce le carenze del sistema mediatico, aiutandoci a capire meglio quali siano alcune delle componenti della grave crisi di carta stampata e televisione. Ma hanno anche sollevato il velo sulle proprietà taumaturgiche di internet, che alla fine degli anni '90 sembrava potesse diventare uno strumento determinante per l'emancipazione della società. Oggi vediamo che così non è perché una larga parte dell'informazione disponibile in rete è inaffidabile. E la disinformazione mina il senso stesso della democrazia. Per riparare a questi guasti è inutile cercare risposte luddistiche a processi che sono ormai maturi. L'unica risposta che si può dare è di ordine culturale e a vario titolo ci vede tutti coinvolti: giornalisti e comunicatori, cittadini, politici. E scienziati, che devono imparare a fornire agli operatori della comunicazione le notizie usando un linguaggio meno criptico. Soprattutto, però, è necessario che tra istituzioni, cittadini e mondo scientifico si ricostruisca un rapporto anche critico, ma di reciproca fiducia.

Difendiamo il pianeta, non abbassiamo la guardia

Claudia Sorlini

La situazione è certamente preoccupante: abbiamo perso biodiversità animale e vegetale, suolo fertile per frane, terremoti, uragani, ma anche per l'espansione delle aree urbanizzate attorno alle città, ben oltre la reale necessità, che sottraggono terreni all'agricoltura. I segnali che ci arrivano sono però moderatamente positivi e dimostrano che si sta diffondendo la consapevolezza della gravità della situazione

Negli ultimi decenni il rapporto tra l'uomo e l'ambiente ha subito un deterioramento, evidenziabile, tra l'altro, dal grado di sfruttamento irresponsabile delle risorse naturali che avviene senza alcun rispetto per gli equilibri ecosistemici, dalla scarsa considerazione della biodiversità e dalla crescente produzione di output negativi. Si è in larga misura perso il rapporto stretto tra uomo e natura, molto più diffuso un tempo tra la gente che viveva più numerosa di oggi nelle aree rurali e che aveva un contatto costante con l'ambiente rurale, con il verde di prati, boschi, coltivazioni e con gli animali terrestri e volatili che comunemente ci vivono. Gli agricoltori che vivevano in cascine, casali, masserie ecc., cioè sugli stessi terreni su cui svolgevano le proprie attività, avevano una percezione molto diretta dell'ambiente e conservavano una conoscenza profonda dei fenomeni naturali, degli eventi meteorologici e del succedersi delle stagioni, maturata e tramandata attraverso migliaia di anni di storia dell'agricoltura e affinata e arricchita dalla pratica quotidiana.

Anche se la visione antropocentrica ha sempre dominato la nostra cultura, presso la società contadina questa visione era attenuata da una sorta di rispetto per i meccanismi e i processi naturali; questa società contadina ben conosceva, per esperienza diretta, i rischi insiti nel voler forzare questi processi per piegarli a proprio vantaggio. D'altronde l'agricoltura per molti secoli, e fino a metà del Novecento, non ha subito modificazioni significative e il rapporto tra il contadino e l'ambiente era rimasto improntato a una sorta di amore, a volte di odio, ma sempre di attenzione e di rispetto.

Con il grande sviluppo dell'industria e

delle tecnologie, e con l'avvio della *green revolution*, la situazione è cambiata radicalmente. L'agricoltura, con la meccanizzazione, l'uso di pesticidi di sintesi e di fertilizzanti e con il miglioramento genetico delle piante coltivate, ha raggiunto livelli di produzione prima inimmaginabili. Il potere acquisito con le nuove tecnologie ha indotto a credere di poter dominare molto di più le leggi della natura. Questo fenomeno ha fortemente accentuato la dimensione strumentale del rapporto con la natura, finalizzato alla massimizzazione del profitto nel più totale disinteresse per la conservazione delle risorse naturali: dalle foreste all'acqua, dalla fertilità dei suoli alla biodiversità.

Tutto questo è quanto di più lontano ci possa essere dalla concezione di S. Francesco d'Assisi, per il quale ogni risorsa della natura (dall'acqua, alla terra, ai fiori...) e ogni sua manifestazione erano 'fratelli e sorelle' e non solo andavano rispettate, ma anche amate, come un dono di Dio, compresa "sora nostra morte corporale". Ma senza arrivare all'estremo amore per la natura di Francesco d'Assisi, anche Lucrezio, pur nella sua visione critica della Natura, non ignorava i momenti di felicità regalati da essa: «... sdraiati tra amici sulla tenera erba, accanto a un ruscello, sotto i rami di un alto albero, senza grandi spese, ristoriamo il corpo piacevolmente, soprattutto quando... la stagione cosparge di fiori le verdeggianti erbe» (*De Rerum Natura* libro 2: 1-62). La conseguenza di un rapporto basato sullo sfruttamento cieco delle risorse naturali ha portato oggi il pianeta ad una situazione di non sostenibilità ambientale. L'acqua dolce, la cui scarsità sul pianeta è nota, è un elemento indispensabile all'alimentazione umana e animale, alle



attività produttive e soprattutto all'agricoltura che da sola ne consuma in media il 70% del totale, con punte del 90% nei Paesi aridi. Oggi ci sono fiumi con portate drammaticamente ridotte per cattiva gestione delle acque e con inquinamento crescente, altri che non portano più acqua ai mari; laghi completamente prosciugati, con sconvolgimento dell'ecosistema non solo acquatico, ma anche di quello terrestre "alimentato" dal lago, con perdita di biodiversità e con distruzione dell'economia e del tessuto sociale della regione. Continua a essere molto alto il numero delle persone che bevono acqua non sanificata e il numero di bambini al di sotto dei cinque anni che muoiono per contaminazioni microbiologiche di queste acque. Questa risorsa, proprio per la sua scarsità, diventa – più che in passato – oggetto di tensioni sociali e conflitti per il suo controllo, che sovente sfociano in guerre, con le inevitabili conseguenze di distruzione e di peggioramento della qualità della vita soprattutto dei più deboli ed emar-



L'abbandono delle campagne avviene con un flusso continuo; nel 2050 il 70% della popolazione vivrà in città

ginati. Masse ingenti di esseri umani lasciano i loro territori in cerca di un lavoro "decente" (secondo la definizione dell'ONU) e di una vita dignitosa: sono i migranti ambientali, che si aggiungono ai rifugiati in questi dolorosi viaggi. Non sfuggono all'inquinamento neppure le acque degli oceani dove finiscono gli scarichi industriali non depurati trasportati dai fiumi, nonché le acque di lavaggio delle petroliere e le migliaia di tonnellate di plastiche galleggianti che vanno ad incrementare le superfici di isole artificiali costruite dal gioco delle correnti d'acqua e dei venti, fra cui la più grande e nota chiamata *Great Pacific Garbage Patch*.

Anche l'interesse per la terra e le sue aree naturali ancora conservate è andato scemando. Nessuno scrupolo per la straordinaria varietà di animali e di piante che esse conservano e del ruolo che giocano

nel ridurre l'inquinamento dell'aria ha fermato il taglio delle foreste. Negli ultimi 15 anni (2010-2015) ne sono scomparse in media 3,3 milioni di ettari all'anno, con punte di 7 milioni nelle aree tropicali e subtropicali tra il 2000 e 2010.

L'utilizzo di combustibili fossili da cui si produce ancora il 78% dell'energia, insieme con le modalità di gestione di attività industriali, agricoltura, trasporti, ha causato un incremento dei gas serra così grave da modificare il clima, aggravando il quadro della attuale situazione ambientale: innalzamento della temperatura accompagnato da bruschi abbassamenti e da eventi meteorologici estremi che crescono nel tempo, perché si fanno più frequenti, e nello spazio perché si manifestano anche in zone in passato non soggette a questi fenomeni. L'anticipazione delle stagioni sta disorientando molti animali, in particolare i migratori. Il riscaldamento del pianeta ha come prima conseguenza lo scioglimento dei ghiacciai, che rappresentano la riserva di gran lunga più cospicua di acqua dolce che ora si sta dissolvendo negli oceani, perdendosi quindi nell'acqua salata. Si registrano impatti sulle popolazioni di animali che vivono ai due poli e nelle regioni fredde dove si restringe sempre di più l'areale per alcune specie animali che non trovano più né il clima adatto né cibo a sufficienza; e si registrano danni anche negli oceani, dove l'innalzamento del livello dell'acqua ha già inghiottito cinque isole del Pacifico e sommerso villaggi costieri di altre isole. Aumenta anche l'aridità dei suoli e la desertificazione soprattutto nei Paesi caldi, dove l'incremento di siccità causa perdita di produzione agricola. Fra le attività che hanno contribuito al riscaldamento globale va annoverata anche l'agricoltura che, in diverse regioni del pianeta, viene praticata con la logica della massimizzazione dello sfruttamento delle risorse naturali.

È rimasto ben poco dell'alta considerazione che gli antichi Romani portavano all'agricoltura, compresi i grandi uomini politici e gli intellettuali; basti ricordare Cicerone: «Se presso la biblioteca avrai un orto non ti mancherà nulla». Il premio più qualificato per i legionari veterani, reduci dalle mille campagne

militari, era l'assegnazione di appezzamenti di terreno, su cui si coltivava nel rispetto della fertilità dei suoli seguendo, fra le altre, la pratica del maggese. Curiosamente, tutte le antiche civiltà di diversi continenti (Assiri Babilonesi, Ebrei, Greci, Romani, Aztechi) praticavano la rotazione delle colture e/o il riposo della terra «Per sei anni seminerai il tuo campo e potrai la tua vigna e ne raccoglierai i frutti; ma il settimo anno sarà come sabato, un riposo assoluto per la terra» (Bibbia, Levitico 25:1-7). Pratiche che oggi vengono di nuovo riproposte per salvare la fertilità dei suoli anche dalla FAO. Oggi l'abbandono delle campagne avviene con un flusso continuo e da una decina di anni la popolazione urbana ha superato quella rurale; si prevede che nel 2050 il 70% della popolazione vivrà in città. Già oggi il fenomeno delle megalopoli sta esplodendo, con enormi consumi energetici e produzione di rifiuti. L'alterazione del rapporto con la natura si accompagna strettamente al deterioramento dei rapporti umani e civili. Giustamente Papa Francesco, nell'Enciclica *Laudato si'* (2015) scrive: «non potremo affrontare adeguatamente il



La scienza non può mettere in atto scelte politiche che solo governi e autorità sovranazionali hanno il compito di fare

degrado ambientale se non prestiamo attenzione alle cause del degrado umano e sociale». Esiste una grande iniquità sociale sia all'interno di ogni singolo Paese sia tra i Paesi del nord e quelli del sud del mondo. Nonostante oggi si produca più di quanto sia necessario per sfamare l'intero pianeta e nonostante che per ottenere questo risultato si siano arrecati gravi danni all'ambiente, la fame non è stata ancora sradicata. È diminuita fortemente in percentuale (dal 34% del 1961 all'11% di oggi), ma in numero assoluto continuano a essere denutriti 795 milioni di persone; erano 850 nel 1961. Permane nel pianeta una percentuale alta di persone povere cui viene negata la possibilità di vivere dignitosamente con un lavoro decente.

L'illusione che il surplus dei Paesi ricchi potesse essere ridistribuito per sfamare il mondo è ormai tramontata. Le eccedenze rispetto alla domanda di alimenti prendono altre strade: vanno ad alimentare gli allevamenti zootecnici,



a produrre bioenergie e vengono sprecate e gettate come rifiuto. Il tutto a spese di risorse ambientali, di inquinamento ambientale e di produzione di gas serra. Il concetto che le risorse della natura siano un bene comune da proteggere e tutelare per noi stessi, per la comunità e per le generazioni future è ignorato e si è consolidata l'idea che siano beni di consumo che si possono acquistare a poco prezzo, spesso senza neppure pagare per il loro ripristino dopo l'uso.

Il quadro negativo precedentemente delineato rappresenta il trend dominante: tuttavia si deve anche riscontrare una crescita di sensibilità verso la natura e le sue risorse per un ambiente pulito da difendere dall'urbanizzazione scriteriata, dall'inquinamento, dagli sprechi. Tanti sono i segnali che lo dimostrano: la scelta di vivere fuori dagli agglomerati urbani, di consumare cibi e merci prodotti in modo sostenibile, di praticare forme di turismo lontane da quelle di massa, al contatto con la natura. D'altronde in questi ultimi 60 anni, durante i quali la società ha subito i cambiamenti più radicali, si sono alzate voci di intellettuali di grande spessore che con i loro libri hanno scosso le coscienze favorendo la creazione di movimenti di opi-

nione e gettando le basi per un recupero del rapporto tra uomo e natura, e degli uomini tra di loro. Il primo è stato il libro della scrittrice statunitense Rachel Carson, autrice di *Primavera silenziosa*, pubblicato nel 1962, con il quale si denunciavano gli effetti perversi dell'uso di pesticidi così potenti da sterminare anche uccelli, grilli, cicale, rane facendo precipitare le campagne in un silenzio profondo e innaturale. Il libro contribuì alla formazione di una coscienza ecologista e indusse il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti a rivedere la propria politica sui pesticidi. Un'altra pietra miliare è stato il libro *I limiti dello sviluppo* 1972 di Meadows et al., pubblicato in Italia dal Club di Roma. Il libro metteva in evidenza come la velocità con la quale popolazione, industrializzazione, sfruttamento delle risorse naturali e inquinamento crescevano, avrebbe portato, in assenza di interventi, a raggiungere i limiti dello sviluppo sul pianeta nell'arco di 100 anni. Nonostante le numerose contestazioni e le carenze di analisi, il libro ebbe il merito di far capire che le risorse del pianeta non erano infinite. Sono da ricordare anche Barry Commoner, l'ecologista americano che contribuì a sviluppare una ecologia moderna

con le sue 4 leggi dell'ecologia e che diede il via alla costituzione di movimenti ecologisti organizzati, e Enzo Tiezzi che già negli anni '80 lavorava in un contesto internazionale per gettare le basi del concetto di sviluppo sostenibile, e nel suo libro *Tempi storici, tempi biologici* (1984) prevedeva lo scenario che oggi viviamo: «C'è il rischio concreto di un abbassamento della qualità della vita, di una distruzione irreversibile di fondamentali risorse naturali, di una crescita economica e tecnologica che produce disoccupazione e disadattamento». Dunque non è mai mancata la critica al modello di sviluppo dei Paesi occidentali e la capacità di illustrare e divulgare rischi ai quali si andava incontro, visione che il movimento ambientalista ha sostenuto e diffuso. Oggi sui temi dello sviluppo sostenibile si stanno impegnando anche le istituzioni: le Nazioni Unite con il lancio degli obiettivi per uno sviluppo sostenibile *Millennium Developing Goals* del 2015, la COP 21 con l'accordo sul Cambiamento climatico (2015), e la stessa Chiesa Cattolica con l'Enciclica *Laudato si'* pure nel 2015. La scienza può fare molto, però ha dei limiti. Può studiare la realtà, cogliere e denunciare precocemente i segni del degra-

do delle risorse naturali, diffonderne la conoscenza, come hanno fatto i grandi studiosi ed ecologi citati e tanti altri in contesti più ridotti; possono fare anche di più: condurre ricerche utili a mettere in rilievo quali siano le tecnologie più adatte per operare, per utilizzare le risorse in modo ambientalmente sostenibile: come ridurre le emissioni gassose di ogni fonte e di ogni settore, come eliminare o ridurre la produzione di pesticidi e l'invasione di plastiche non degradabili nell'ambiente, come conservare la biodiversità. La scienza tuttavia non può mettere in atto scelte politiche che solo governi e autorità sovranazionali hanno il compito di fare. Oltre alla volontà politica è indispensabile che gli uomini, la società civile, le istituzioni politiche trovino il modo di ragionare insieme sul futuro della terra, che è l'unico pianeta che abbiamo e che non possiamo lasciare in condizioni disastrose perché negheremmo ai nostri discendenti la possibilità di continuare a vivere dignitosamente. Prendiamo atto, come scrive Luciano Valle, parafrasando Einstein, che «la modernità è finita e ha fallito. Bisogna costruire un nuovo umanesimo, altrimenti il pianeta non si salva».



COP 23: il treno del clima si è fermato?

Grammenos Mastrojeni

A qualche settimana dalla conclusione della COP 23, la prima impressione che potrebbe avere un non specialista è che il treno del clima si sia fermato per manutenzione: dopo l'Accordo adottato alla COP 21 di Parigi – con tutto il suo clamore mediatico – poco si è parlato della successiva COP 22, e quella appena conclusa pare avvolta in un imperscrutabile tecnicismo. In realtà si muove molto più di quanto sembri

A tre settimane dalla conclusione della COP 23 di Bonn e con molti resoconti disponibili, la prima impressione che potrebbe avere un non specialista è che il treno si è fermato per manutenzione: dopo l'Accordo adottato alla COP 21 di Parigi – con tutto il suo clamore mediatico – poco si è parlato della successiva COP 22 di Marrakech, e quella appena conclusa pare avvolta in un imperscrutabile tecnicismo. L'impressione di spinta persa per strada si acuirebbe leggendo i lavori alla luce dei dati diffusi durante la COP stessa dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale, secondo cui nel corso del 2016 la presenza di CO₂ nell'aria ha raggiunto quota 403,3 parti per milione (ppm) di concentrazione, contro le 400 ppm registrate nel 2015. Si tratta di un aumento, nel giro di soli dodici mesi, particolarmente forte e dunque preoccupante, visto che nello scorso decennio l'aumento medio è stato di 2,1 ppm ogni anno.

Qualcosa si muove? Eppure si muove, e molto più di quanto sembri, soprattutto perché si sta raggiungendo una comprensione realistica delle responsabilità che ogni segmento sociale e settore produttivo può assumere nella lotta e nell'adattamento al riscaldamento globale, e questa idea di ripartizione dei ruoli possibili per ciascun attore del mondo reale è molto più costruttiva di una suddivisione di "pesi" fra Stati.

Facciamo un passo indietro: a Parigi non si è raggiunto l'accordo quantitativo che avrebbero auspicato alcuni: un accordo per decidere come ripartirsi fra Paesi il "sacrificio" di sottrarre 18 gigatonnellate equivalenti di carbonio dalle emissioni proiettate, irraggiungibile proprio perché la ripartizione di "quote di sacrifici"

scatena inestricabili autodifese. Invece, a Parigi si è in sostanza deciso che ciascuno avrebbe fatto del suo meglio alla luce delle proprie condizioni, forze e debolezze: e lo sforzo di ciascuno determinato secondo questi criteri sarebbe confluito nei cosiddetti Contributi Nazionali Volontari – *Nationally Determined Contributions*, o NDCs.

Può essere parso ad alcuni una gran perdita di obbligatorietà e sostanza nello sforzo corale, ma la considerazione di un "meglio possibile" nel contesto delle sfaccettate realtà interne a ciascuno Stato o regione del globo ha aperto la porta al concorso di nuovi soggetti e settori che possono contribuire molto – accanto al comparto energetico tradizionalmente considerato fino a Parigi – entro un più solido legame fra l'urgenza di ridurre le emissioni di CO₂ e le vicende umane reali che ne derivano, compresa l'opportunità di sviluppo più giusto e moderno che ciò offre: una logica molto distante dalla ripartizione dei "sacrifici".

Certo, il linguaggio dei testi negoziati è ancora quello degli "impegni", sia pur volontari, degli Stati. Ma questi Stati, confrontandosi con situazioni e ripercussioni nei loro popoli e territori, sono stati spinti a integrare il dato umano: non si tratta più solo di ridurre l'uso dei combustibili fossili, ma di come fare in modo che le comunità e i territori reali – famiglie, villaggi, isole, città, mari, fattorie, ecc. – possano concorrere a un'economia decarbonizzata e trarne un'opportunità di giustizia e modernizzazione.

Questa promettente complessità aveva fatto irruzione nel negoziato – fino ad allora quasi solo focalizzato sul settore energetico – già alla scorsa COP di Marrakech, ove il *fil rouge* che legava ogni



evento era il collegamento fra il clima e gli obiettivi di sviluppo più urgente: quelli dell'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile 2030. Così a Marrakech, accanto al negoziato tecnico di attuazione, i lavori si erano organizzati in "giornate d'azione" dedicate ciascuna a un fattore o a un soggetto dello sviluppo: non più il clima come variabile sregolata a sé stante, bensì clima e cibo, clima e acqua, clima e uguaglianza di genere, e via dicendo.

Ciò ha iniettato un impercettibile ma potente mutamento di mentalità del negoziato. Ancora nascosta dall'inerzia di un linguaggio che per vent'anni si è riferito a Stati e comparti industriali, questa nuova prospettiva è esplosa a Bonn: accanto a una "coalizione" per superare il carbone come fonte energetica – pur sempre necessaria e a cui l'Italia ha aderito – si è imposto così all'attenzione, fra gli altri, il ruolo dell'agricoltura, dei popoli indigeni, o quello delle donne. Vari governi hanno intrapreso impegni unilaterali di finanziamento: nuovi 50 milioni dalla Germania, cui si sommano 7 milioni italiani, per un Fondo per l'Adattamento. La Francia si è impegnata a sostituire integralmente il mancato contributo economico all'IPCC da parte dell'amministrazione Trump e la decisione di organizzare un vertice mondiale dedicato alla finanza sul clima, a Parigi, il 12 dicembre 2017. L'Italia, inoltre, ha avviato nuove azioni per finanziare la *capacity-building* dei Paesi più poveri. Accanto a questi, il finanziamento per sostenere definizione e conseguimento degli NDCs dei Paesi in via di sviluppo, ritrae un'atmosfera di slancio in crescita e più solidale.

I "soldi" – che alcuni vedrebbero come l'unico e vero terreno di concretezza della mobilitazione – quindi ci sono stati. Ma la finanza racconta solo una parte della storia e, in questo caso, quella meno significativa. Dice di più l'approvazione del *Gender Action Plan*, un programma permanente che mira a valorizzare il ruolo delle donne nelle azioni di mitigazione ed adattamento. Racconta un nuovo approccio più il varo della Piattaforma sull'azione climatica dei popoli indigeni e delle comunità locali: «un tema importante per i Paesi dove vi sono popoli indigeni



Figura 1 - Agenda 2030 - Per lo sviluppo sostenibile

in senso stretto, che – scrive Stefano Caserini nel suo blog *Climalteranti* – vivono (o vivevano) normalmente con uno stile di vita a bassissime emissioni (sia nei consumi che nella produzione, ad esempio praticando caccia e pesca con metodi tradizionali), colpiti però per primi dagli impatti del cambiamento climatico sulle foreste, gli ecosistemi marini, ecc. Ma si tratta di un risultato rilevante anche per l'Italia, dove le comunità locali possono trasmettere e rinnovare modalità produttive più sostenibili (agricoltura biologica, bio-edilizia, ecc.)».

Ed essenziale, quasi una svolta di identità nel negoziato, è stata l'attenzione data all'agricoltura. E non è stata solo retorica: aumentare gli investimenti nell'azione climatica in agricoltura, come settore chiave per realizzare gli obiettivi dell'accordo di Parigi, è stato ad esempio il messaggio principale emerso dalla Giornata per l'azione climatica, e un messaggio concreto che si innesta su evoluzioni reali espresse dalle realtà che devono avere voce quando ciascun Paese è chiamato a fare del proprio meglio secondo le proprie forze e debolezze: gli impatti del cambiamento climatico stanno limitando la disponibilità di risorse naturali, riducendo la possibilità di rispondere alla domanda di cibo da parte di un numero crescente di persone nel mondo. I Piani Nazionali definiti dai singoli Paesi per raggiungere gli obiettivi di Parigi enfatizzano ormai l'importanza dell'agricoltura per sostenere azioni di mitigazione del cambiamento climatico e resilienza al suo impatto. Il settore agricolo è stato menzionato come prioritario per le politiche di mitigazione da 126 Paesi e per le politiche di adattamento da 104 Paesi. Ben 32 Paesi, nei loro Piani, fanno specifico riferimento alla *Climate Smart Agriculture*, un approccio che mette in connessione l'aumento sostenibile della produttività e, dove possibile, le misure di adattamento e mitigazione. Questa è la promettente complessità che si annida nel dialogo lanciato dalla Presidenza delle Fiji per dare sempre più sostanza agli impegni volontari e che – guardando oltre i normali contrasti negoziali – è il percorso in cui ciascuno trova spazio per dare quel meglio che può.

Parigi passerà alla storia mediatica come il momento della svolta. Peccato che i media non si siano accorti della svolta successiva avvenuta fra Marrakech e Bonn, ove il clima è stato ridefinito come una problematica di sviluppo equo e sostenibile, come una questione umana e di equilibrio dell'ecosistema prima che produttiva. Occorre comprendere meglio questa evoluzione nelle sue straordinarie potenzialità.

A causa dell'impatto umano, l'ecosistema potrebbe giungere a un punto di svolta e rapidamente collassare. Le specie si estinguono a un ritmo preoccupante – oltre cento volte più rapido rispetto ai periodi normali. I cambiamenti climatici stanno accelerando; si degradano e muoiono 12 milioni di ettari di terre ogni anno; negli ultimi cento anni è stato perso l'80% della biomassa ittica, e la tendenza è in accelerazione, poiché il 60% è venuto meno negli ultimi quarant'anni.

Questi sono solo alcuni dei fronti su cui si manifesta il degrado dell'ambiente, e non sono fronti separati. La preoccupazione maggiore è che queste dinamiche si alimentano a vicenda – la perdita di biodiversità, ad esempio, aggrava i cambiamenti climatici e questi, a loro volta, favoriscono la perdita di biodiversità. Anche all'interno di ciascuno di questi fenomeni, presi uno per uno, rischiamo di oltrepassare una soglia cruciale, oltre la quale il degrado si autoalimenta a ritmi sempre più accelerati. Lo dicono numeri, tra l'altro, per il riscaldamento globale. Ognuno dei 14



I cambiamenti climatici stanno accelerando: ogni anno si degradano e muoiono 12 milioni di ettari di terre

mesi trascorsi, senza eccezioni, ha battuto i record di temperatura media da quando questa viene registrata; con questo trend, diventa difficile evitare di oltrepassare la soglia “di sicurezza” dei 2 gradi centigradi di riscaldamento medio massimo, indicata dagli scienziati: e si tratta di una questione cruciale, poiché al di là andrebbero fuori controllo dei cicli cumulativi, insiti al sistema biofisico terrestre, che

porteranno in tempi molto brevi a un riscaldamento planetario drammatico, oltre i 4 gradi. Ad esempio, oltre i 2 gradi prenderebbe velocità il ciclo dello scioglimento del *permafrost*: più del 10% delle terre emerse peren-

Il settore agricolo è ritenuto prioritario per le politiche di mitigazione da 126 Paesi e per le politiche di adattamento da altri 104

nemente ghiacciate dai tempi dell'ultima glaciazione. Sciogliendosi per il riscaldamento globale, il *permafrost* libera metano, un gas che ha un potenziale di intrappolare calore molte volte superiore rispetto all'anidride carbonica. Questo ciclo cumulativo – più si scalda l'aria, più si scioglie il *permafrost*, più si libera metano, più si riscalda l'aria e via dicendo – potrebbe da solo far aumentare la temperatura fino a 3,5 gradi come media globale entro pochi decenni: uno scenario che sconvolgerebbe l'ecosistema e destabilizzerebbe le società.

Appunto, la società: il collasso dell'ambiente è anche un problema per l'umanità. Ci sentiamo a volte separati dalla natura, ma tutte le nostre società si sono organizzate contando sulla prevedibilità dei suoi cicli e dei servizi che essa ci offre. Se questi vengono meno, dovremo adattarci – cioè riorganizzare le società e la produzione, e in diversi casi migrare verso terre sicure – cosa che sta già succedendo: parte del dramma dei migranti cui assistiamo è dovuto ai cambiamenti climatici. Ma è difficile che questo adattamento si raggiunga senza lotte e sofferenze: sono già 78 i conflitti che hanno fra le cause i cambiamenti climatici; e questi tendono a concentrarsi nelle regioni più povere e nelle aree di provenienza dei recenti e drammatici movimenti migratori. I loro popoli dipendono più direttamente dalla salute della natura e dalla vitalità dei suoi servizi, sulla cui abbondanza e prevedibilità si sono strutturate tutte le società e le economie: la fertilità della terra, e quindi anche la produttività agricola, anzitutto; ma pure servizi di purificazione svolti dalle zone umide, di varietà biologica, di stabilità dei climi locali, di equilibrio bio-sanitario, fino a servizi di identità culturale legati ai territori. Il riscaldamento avanza – ed erode i servizi ecosistemici – nei Paesi in via di sviluppo più che altrove



e, nelle regioni povere, un mancato raccolto o una foresta che avvizzisce, non sono solo una sfida economica ma un drammatico problema di diritti umani, laddove fanno la differenza fra tenere o meno una bambina sui banchi di scuola. Il degrado della natura mina così alla base la coesione e la stabilità delle comunità rurali meno solide e ciò si riverbera sulle aree urbane: crea insicurezza, conflittualità e spinte ai movimenti forzati di popolazioni. Assistiamo cioè a un minaccioso ciclo cumulativo fra degrado dell'ambiente, ingiustizia e peggioramento delle condizioni umane.

Ma la buona notizia è che questo ciclo può essere invertito, che l'interdipendenza fra umanità e ambiente può essere messa in moto per risolvere il problema in tempi rapidi – di tempo ne abbiamo poco per evitare un collasso generale – e che ciò non comporta sacrifici e rinunce. Al contrario, quello che la natura ci chiede per salvarsi è che tutti facciamo quello che veramente ci fa stare bene.

Questa nuova idea supera il timore che avevamo di un insanabile conflitto fra natura e sviluppo: visto che la produttività dell'ecosistema non è infinita – si pensava – ciò avrebbe imposto un freno al progresso. Scopriamo invece una risonanza positiva fra salute dell'ambiente e benessere umano, che Papa Francesco – nella sua Enciclica *Laudato Si'* – ha spiegato parlando di “ecologia integrale”. Ma c'è una condizione: questa risonanza positiva non funziona se scegliamo come benessere e qualità della vita solo la ricchezza materiale. Farne un idolo assoluto effettivamente ci porta a dire che i limiti della natura pongono dei limiti alla crescita economica. Se invece scegliamo come idea di benessere l'insieme dei bisogni umani – non solo cose, ma anche pace, città sicure, salute, tempo per la famiglia – scopriamo che proteggendo la natura lei diventa un propulsore del progresso e non un freno e che, viceversa, un progresso che tutela l'essere umano nella totalità dei suoi bisogni diventa un alleato della natura invece di un suo nemico.

L'idea di un ciclo costruttivo e risuonante fra vero benessere umano e del pianeta comincia a essere applicata dalla politica: e ha fatto una silenziosa ma decisiva irruzione nel negoziato climatico dopo Parigi.

Mal d'aria, a pagare di più sono i bambini

Cristina Da Rold

Sono molte le ricerche che negli ultimi anni hanno verificato quanto sia pericoloso, soprattutto per donne in gravidanza, essere esposte ad alti livelli di inquinamento atmosferico. Oltre al problema delle nascite pretermine e del basso peso alla nascita, gli inquinanti atmosferici entrano pesantemente in gioco anche nella presenza di anomalie congenite, come malformazioni cardiache o difetti del palato

Negli ultimi anni un numero crescente di studi ha esaminato come l'esposizione materna all'inquinamento atmosferico possa influenzare il feto in via di sviluppo, determinando esiti avversi alla nascita come morte infantile, parto pretermine, basso peso alla nascita e presenza di malformazioni. Sebbene rimangano ancora diversi aspetti da approfondire, gli scienziati concordano sul fatto che una relazione fra queste malattie e l'esposizione a certi inquinanti c'è.

Lo conferma una revisione sistematica, cioè una valutazione comparativa di tutta la letteratura esistente, pubblicata lo scorso aprile su *Environmental Pollution* da parte di un team di ricercatori cinesi, che ha mostrato un'evidenza statisticamente significativa che l'esposizione a PM_{2.5} durante la gravidanza è associata a basso peso alla nascita e, sebbene di entità inferiore, anche con i casi di parto pretermine.

La revisione ha analizzato 23 studi pubblicati prima di luglio 2016 in relazione all'esposizione al PM_{2.5}, in località con un range di variazione da 2 a 22 µg/m³, con una media di circa 10 µg/m³. Tali valori non sono certo da considerarsi elevati, e sono ben al di sotto del limite che la Direttiva Europea sull'inquinamento considera sicuro, 25 µg/m³.

Quello che è emerso è che le mamme che durante la gravidanza erano state esposte a concentrazioni di PM_{2.5} addizionali (10 µg/m³) hanno mostrato un 5% in più di rischio di partorire bambini sottopeso. Per quanto riguarda le nascite pretermine, il rischio addizionale esisteva ma era di dimensioni più contenute: un aumento del rischio del 2% per ogni incremento di esposizione di 10 µg/m³. Non dimentichiamo che le complicazioni di

un parto prematuro includono effetti sul sistema respiratorio, su quello gastrointestinale, immunologico e sul sistema nervoso centrale. Vi sono poi possibili effetti tardivi motori, cognitivi, visivi, uditivi, comportamentali.

In realtà in Europa i valori medi di PM_{2.5} e più in generale di particolato sono molto più elevati rispetto a quelli esaminati nella revisione. Secondo l'ultimo rapporto annuale dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, fra il 2014 e il 2015 è come se fosse sparita dall'Europa l'intera popolazione di una città come Bologna, periferie comprese, solo a causa della contaminazione da polveri fini. I valori consigliati per la protezione umana da parte dell'OMS per il PM_{2.5} (10 µg/m³) sono stati superati dal 75% delle 2500 stazioni esaminate in Europa dagli esperti dell'EEA. E l'Italia, in particolare la Pianura Padana, è il secondo luogo più inquinato da PM_{2.5} in Europa dopo la Polonia. Sempre dal medesimo rapporto si apprende che sono oltre 400 mila gli europei morti prematuramente nel 2015 a causa di emissioni di particolati, dovute al trasporto su strada, all'agricoltura, alle centrali elettriche, all'industria e al riscaldamento con biomassa (legna e pellet) per uso domestico.

A questi si aggiungono gli impatti stimati sulla popolazione dell'esposizione a concentrazioni di NO₂ e O₃ in 41 Paesi europei, che nel 2014 hanno provocato rispettivamente 78 mila e 14 mila morti premature. Sebbene i meccanismi tramite cui gli inquinanti producono questi effetti avversi nelle puerpere non siano del tutto chiari, negli ultimi anni molti aspetti sono stati indagati. Già nel 2011 erano emerse evidenze epidemiologiche che collegavano l'esposizione materna





alle polveri ultrafini a fenomeni come stress ossidativo sistemico e infiammazione, entrambi fattori putativi di rischio di basso peso alla nascita e di parto prematuro. Lo stress ossidativo e l'infiammazione agiscono come interferenti endocrini, aumentando la vulnerabilità delle mamme alle infezioni e all'infiammazione della placenta. La disfunzione dei mitocondri placentari è inoltre un potenziale meccanismo attraverso il quale l'esposizione materna prenatale a polveri fini può causare un basso peso alla nascita. Durante la gravidanza, la placenta supporta il nutrimento, la crescita e lo sviluppo del feto e un peso basso della placenta è correlato a un basso peso alla nascita. Inoltre, l'esposizione materna al $PM_{2,5}$ durante la gravidanza può essere un importante fattore di rischio per l'infiammazione intrauterina che potrebbe influenzare la crescita, lo sviluppo e la funzione della placenta.

In questo ambito di ricerca le metanalisi (un metodo statistico per integrare i risultati di studi diversi) sono fondamentali, perché aiutano a districarsi nel gran mare di dati che spesso sono in apparente contraddizione fra di loro sulla medesima questione. «Non si tratta in realtà di contraddizione – spiega Francesco Forastiere del Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario della Regione Lazio – ma del fatto che i singoli studi possono, per semplice errore campionario, dare risultati non proprio simili. Solo considerandoli nel loro insieme in una metanalisi possiamo comprendere il complesso dei risultati. È importante inoltre considerare che fenomeni come il basso peso alla nascita o le nascite pretermine sono multifattoriali, cioè sono influenzati da una vasta gamma di fattori, di cui l'inqui-

In Europa oltre l'80% delle persone vive in luoghi dove i valori di $PM_{2,5}$ sono al di sopra delle soglie raccomandate dall'OMS

namento è solo uno fra i tanti». Entrano in gioco diversi determinanti della salute riproduttiva, ivi compresi fattori sociali. Si consideri come esempio l'importanza dell'età materna, l'istruzione, l'etnia, il fumo in gravidanza, l'aver ricevuto un'adeguata assistenza prenatale materna. «Tuttavia – spiega ancora Forastiere – l'associazione statistica tra $PM_{2,5}$ e basso peso, anche per concentrazioni non troppo



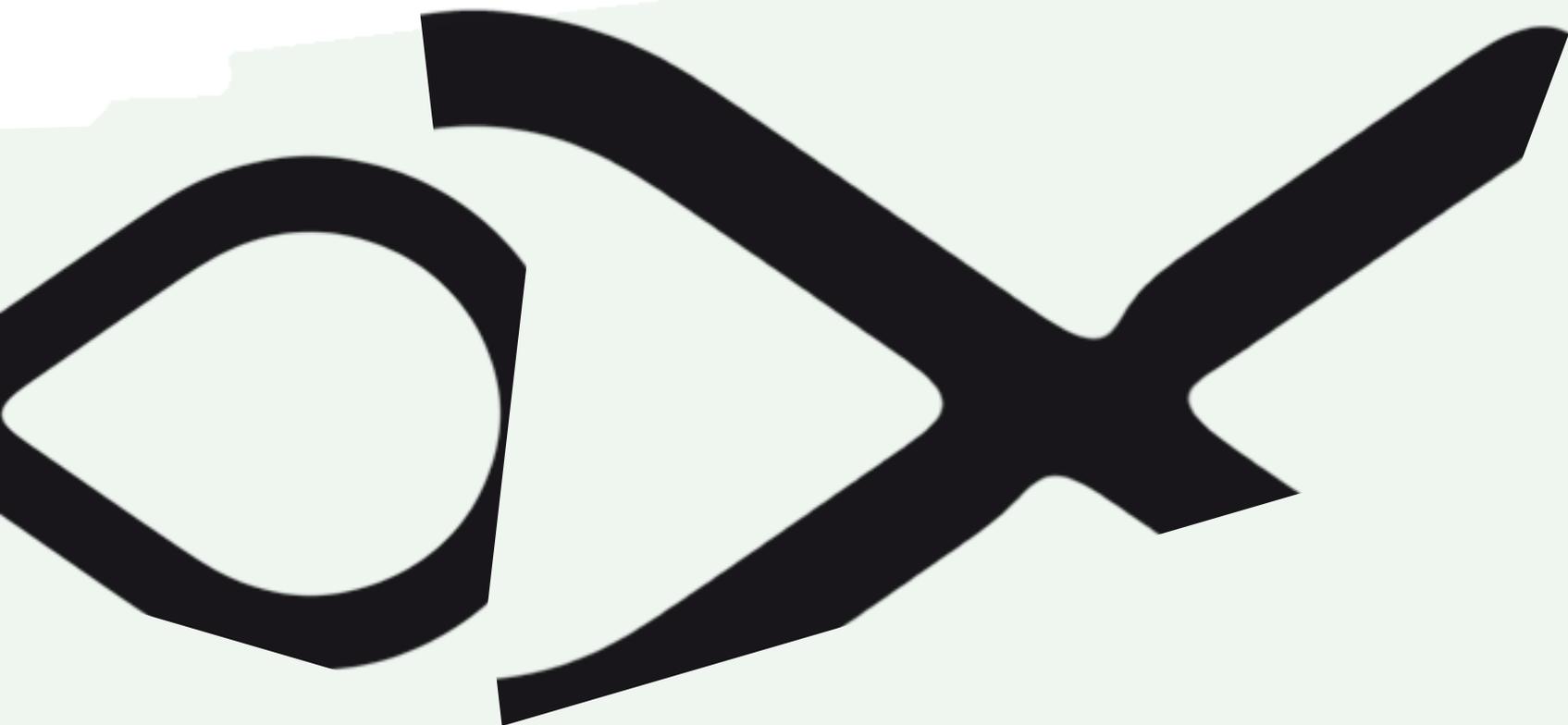
elevate di PM_{2,5}, è molto rilevante. Sappiamo del resto che le polveri fini sono cancerogeni certi, classificati come tali dallo IARC, hanno un effetto stabilito sulle malattie cardiorespiratorie.»

Oltre al problema delle nascite pretermine e del basso peso alla nascita, gli inquinanti atmosferici entrano pesantemente in gioco anche nella presenza di anomalie congenite, come malformazioni cardiache o difetti del palato. A breve verrà pubblicata una revisione italiana dal titolo *Environmental and individual exposure and the risk of congenital anomalies: a review of recent epidemiological evidence*, condotta dall'Istituto di fisiologia Clinica del CNR e dall'Unità di Epidemiologia Ambientale e dai registri toscani delle anomalie congenite, che ha evidenziato l'esistenza di una correlazione di rischio fra esposizione a inquinanti e alcune anomalie congenite, specie quelle dell'apparato cardiocircolatorio.

Si tratta di uno studio importante, all'interno di un contesto ancora poco studiato. «Ci sono in particolare tre difficoltà legate a questo genere di ricerche. Primo, ad oggi solo un numero limitato di studi ha

esaminato la relazione causale tra malformazioni alla nascita e esposizione prenatale a inquinamento atmosferico, in particolare a monossido di carbonio, ozono, particolato, biossido di azoto e biossido di zolfo» spiega Fabrizio Bianchi, responsabile dell'Unità di ricerca in epidemiologia ambientale e registri di patologia dell'Istituto di fisiologia clinica del CNR di Pisa, e fra gli autori della rassegna citato poc'anzi. «Inoltre, la maggior parte di questi studi epidemiologici si è concentrata su malformazioni congenite del cuore e del labbro e/o palato, rilevando rispettivamente una moderata associazione e nessuna evidenza. Un secondo limite, questa volta intrinseco, – continua Bianchi – è che trattandosi per lo più di malattie rare, occorrono numerosi studi di qualità e su grandi popolazioni per arrivare a evidenze sufficienti per inferire relazioni causa-effetto».

Infine, c'è il problema rappresentato dalle numerose incertezze riguardanti gli effetti di specifici inquinanti e di miscele inquinanti in periodi di esposizione critici. In particolare, i principali limiti degli studi sull'inquinamento atmosferico sono l'errata clas-



sificazione dell'esposizione a rischio e la mancata o insufficiente considerazione di co-fattori potenzialmente distortanti (c.d. confondenti o modificatori di effetto). Pertanto, sono necessari ulteriori studi che includono una accurata e precisa valutazione dell'esposizione, un valido accertamento del caso e un adeguato aggiustamento per l'effetto di potenzialmente confondenti. Il principale limite nello studiare gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute è che, oltre a trattarsi in molti casi di problemi con un'origine multifattoriale, come si è visto, non sempre è facile isolare la responsabilità dell'uno o dell'altro inquinante nell'eziologia di una malattia, e quindi capire qual è l'effetto della sommatoria degli effetti dei diversi inquinanti (non solo dell'aria) sulla salute nel suo complesso. Sempre stando ai dati EEA, in genere in Europa oltre l'80% delle persone vive in luoghi dove i valori di $PM_{2,5}$ sono al di sopra delle soglie raccomandate dall'OMS. Dal 50% al 62% vive in luoghi dove le concentrazioni di PM_{10} sono sopra le soglie consentite, il 30% circa in zone dove i livelli di SO_2 sono oltre le soglie e addirittura

ra il 98% in luoghi con concentrazioni di O_3 oltre i limiti. Sebbene sia molto complesso valutare scientificamente l'impatto cumulativo sulla nostra salute della sommatoria degli effetti delle esposizioni ai singoli inquinanti, notevoli passi in avanti sono stati recentemente fatti. «Ci sono due motivi principali che rendono difficile studiare gli effetti cumulati di più inquinanti sulla salute di una popolazione»

Nel 2014 l'esposizione a concentrazioni di NO_2 e O_3 in 41 Paesi europei ha provocato migliaia di morti premature

spiega Bianchi. «Anzitutto, quando si studiano alcuni traccianti come *proxy* di esposizione si assume che siano stimatori di altri inquinanti e anche di miscele. Inoltre, studiare l'esposizione a miscele di inquinanti si scontra col fatto che per la maggior parte non si conoscono le funzioni concentrazione-risposta o di rischio. All'EPA, l'Agenzia USA per la Protezione dell'Ambiente, e in alcuni centri in altri

Paesi, importanti studi sulle miscele sono in corso, ma occorre tempo e condizioni propizie per la ricerca, che con la presidenza Trump sono intaccate. Nel frattempo occorre accentuare, da una parte, il buon uso del Principio di Precauzione e, dall'altra, l'attenuazione dei limiti e la validazione delle assunzioni sopra accennate mediante studi con approcci diversi». Altrettanto complesso è comunque prevenire l'esposizione. «L'esposizione all'inquinamento atmosferico può essere di tre tipi – spiega Bianchi – diffusa, come nel caso della Pianura Padana, lineare, lungo per esempio le direttrici del traffico, e puntuale, legata per esempio a impianti industriali o alla direzione dei venti. Nel caso del PM_{2,5}, per esempio, secondo i dati del rapporto dell'EEA citato in precedenza, il 57% delle emissioni deriva dalle fonti di riscaldamento non verdi di uffici e abitazioni, l'11% dal traffico su strada e il 17% dal settore industriale. Insomma, è difficile allontanarsi da zone dove è forte la presenza di PM_{2,5}.

«È necessario da una parte abbassare le emissioni e quindi le esposizioni rischiose, dall'altro realizzare un profilo individuale di esposizione, cioè capire come ogni futura mamma può essere esposta e a che cosa» continua Bianchi, «e definire misure preventive con efficacia basata sulle prove, senza escludere anche scelte di temporaneo allontanamento dall'area inquinata».

«E, soprattutto, è necessario lavorare sull'informazione dei cittadini e di che cosa possono fare per ridurre la loro impronta ecologica prima di tutto, oltre che sulla messa a punto di politiche migliori in vista della ricostruzione di città più sane, come chiedono l'Europa e l'OMS.»



Fracking, ora emergono i potenziali danni alla salute

Cristiana Pulcinelli

Un recente studio ha messo insieme tutte le perplessità emerse fino ad oggi sui possibili effetti negativi sulla salute dell'attività di fratturazione idraulica. Ne emerge un quadro preoccupante: dall'asma a possibili danni ai reni e al sistema nervoso fino a potenziali rischi per la riproduzione e lo sviluppo dei bambini. Molte sostanze contenute nei fluidi che vengono iniettati ad alta pressione nel sottosuolo e nelle acque di scarto che tornano in superficie sono infatti tossiche



Dei danni per l'ambiente connessi all'attività di *fracking* si è parlato molto negli ultimi anni, tanto che nel 2012 le principali associazioni ambientaliste hanno firmato un documento che esprime grande preoccupazione per la possibilità di esportarla in Europa. Gli Stati Uniti hanno invece abbracciato in pieno questa tecnica di estrazione: negli ultimi 10 anni in oltre 100.000 pozzi è stato utilizzato il *fracking* e il risultato è rappresentato da un incremento notevole nella disponibilità di gas e petrolio da mettere sul mercato: oggi il 50% di tutta la produzione dagli Stati Uniti arriva da pozzi trattati in questo modo. Ora però ci si comincia a domandare se questa attività possa avere un impatto negativo anche sulla salute dei cittadini oltre che sull'ambiente in cui vivono.

Per capire di cosa stiamo parlando conviene ricordare in che cosa consiste il *fracking*, o fratturazione idraulica. Grandi quantità di gas naturale e petrolio sono intrappolate nel sottosuolo in alcuni tipi di rocce ed è impossibile estrarle con i normali pozzi. Si è pensato quindi di fratturare gli strati rocciosi profondi per aumentarne la permeabilità e permettere a gas e petrolio di liberarsi e venire quindi recuperati. La fratturazione avviene iniettando nel sottosuolo ad alta pressione grandi quantità di fluidi composti da acqua mista ad altre sostanze. Una parte del fluido torna in superficie con il gas o il petrolio liberato, mentre un'altra parte rimane negli strati profondi.

Ma proprio questo processo ha cominciato a mettere in allarme i medici americani. E uno studio, pubblicato a ottobre scorso sul *Journal of American Medical Association* (JAMA) da alcuni ricercatori dell'università del South Dakota, ha

preso in esame le possibili implicazioni per la salute della fratturazione idraulica. Innanzitutto, scrivono gli scienziati, bisogna ricordare che la qualità dell'aria ha un'influenza decisiva sulle malattie respiratorie sia acute che croniche.

Ad esempio l'asma può peggiorare a causa di cambiamenti anche minimi dell'aria che si respira. E proprio sull'asma sono stati individuati i primi effetti collaterali del *fracking*. In alcune comunità che vivono nei territori sovrastanti il bacino di Marcellus, una formazione geologica di rocce sedimentarie che si trova nella zona orientale dell'America del Nord, a cavallo tra Pennsylvania, Virginia, stato di New York e Ohio e dove il *fracking* è molto utilizzato, il tasso di produzione dei pozzi è stato associato alla frequenza delle esacerbazioni dell'asma.

Usando un registro elettronico che contiene i dati di oltre 400 mila pazienti della Pennsylvania che si sono rivolti al medico di base, i ricercatori hanno visto che i pazienti con asma che vivevano vicino a pozzi a bassa produzione avevano un rischio di iniziare una terapia orale a base di corticosteroidi più alto di 1,28 volte rispetto alle persone che non avevano l'asma e che vivevano nella stessa zona. Ma se lo stesso confronto lo si faceva nelle zone abitate vicino ai pozzi ad alta produzione, il rischio aumentava di 4,43 volte. Riassumendo: più si pratica la fratturazione idraulica, quindi, più aumenta il rischio di recidive negli asmatici. I fluidi utilizzati per il *fracking* contengono, oltre all'acqua, sabbia (silicati) e una miscela di sostanze chimiche che variano a seconda dei siti e delle compagnie che effettuano gli scavi. La *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), l'agenzia degli Stati Uniti che deve garanti-



re la sicurezza sul lavoro, aveva già espresso preoccupazione per gli effetti respiratori a lungo termine dell'esposizione alla silice dispersa nell'aria nei luoghi dove si pratica il *fracking*. La silicosi è una malattia ben conosciuta che induce un processo fibrotico a livello polmonare, ma che si è visto può innescare una reazione infiammatoria di tipo autoimmune che può coinvolgere anche altri organi. I lavoratori esposti alla silice cristallina – a causa dell'alta quantità di sabbia usata durante il *fracking* – saranno da monitorare sia per le malattie polmonari sia per effetti avversi su altri organi, sostiene l'OSHA. Inoltre, lo IARC ha dichiarato che la silice cristallina risulta cancerogena per l'uomo.

I silicati sono aggiunti ai fluidi come materiale di sostegno per mantenere aperte le fratture nella roccia, ma non sono le uniche sostanze con cui si addiziona l'acqua per il *fracking*. Gli acidi vengono aggiunti per mobilizzare alcuni metalli pesanti presenti nelle rocce, mentre i tensioattivi (composti che hanno la capacità di abbassare la tensione superficiale di un liquido e vengono usati spesso come de-

In alcune zone del Nord America il tasso di produzione dei pozzi è stato associato alla frequenza delle esacerbazioni dell'asma

tergenti) per aiutare la penetrazione nelle fratture. Milioni di litri di fluido vengono iniettati nei pozzi ad alta pressione per rompere la roccia. E milioni di litri di acqua di scarico ritornano in superficie addizionati con un alto contenuto di metalli pesanti (bario, manganese, ferro), materiali radioattivi (come il radio) e composti organici (benzene, toluene, xilene, petrolio, grasso) raccolti durante il percorso. Questi fluidi di riflusso sono poi riutilizzati, ovvero riciclati per essere nuovamente spinti nelle fratture, oppure trasportati e iniettati in pozzi di smaltimento più profondi. Oggi circa il 95% di quest'acqua di scarico viene depositata in pozzi di smaltimento.

Il problema è che i metalli pesanti che provengono dall'ambiente sono nefrotossici, ovvero hanno un'azione lesiva sui reni, e sono anche potenzialmente neurotossici, ovvero possono provocare danni al sistema nervoso. Per quanto riguarda il sistema nervoso centrale, il manganese in particolare aumenta il rischio di parkinsonismo. Il mercurio

invece agisce sul sistema nervoso periferico: livelli elevati di mercurio nel sangue sono stati documentati in pazienti con neuropatia idiopatica, ovvero una neuropatia periferica di origine sconosciuta. Il metilmercurio, che si forma a partire dal mercurio inorganico sotto l'azione di organismi anaerobici che vivono in ecosistemi acquosi (laghi, fiumi, zone umide, sedimenti, mare), è una neurotossina più potente del mercurio inorganico. Gli effetti dell'attività di *fracking* sulla biodiversità e sulla conversione del mercurio in metilmercurio attraverso microrganismi acquatici che si possono trovare nei dintorni dei pozzi, va quindi attentamente monitorata, dicono gli autori dell'articolo.

Inoltre, vanno studiate nel tempo eventuali modifiche nelle funzioni renali associate con l'esposizione delle persone alle acque di riflusso del *fracking*. Un articolo pubblicato a maggio scorso sulla rivista *American Journal of Kidney Diseases*, ha riportato un focolaio di casi di intossicazione da metanolo dovuto al fatto che alcune persone avevano ingerito volontariamente il liquido utilizzato per il *fracking*, probabilmente alla ricerca di una forma di sballo. Strano? Forse sì, anche se nel 2013 addirittura il governatore del Colorado, John Hickenlooper, aveva dichiarato durante una riunione della commissione sull'energia del senato degli Stati Uniti di aver bevuto un bicchiere di fluido utilizzato per il *fracking* per dimostrare che si trattava di un liquido che non faceva male e che conteneva "tutti ingredienti utilizzati dall'industria alimentare". Nel caso del focolaio ri-

Oltre ai rischi connessi alla qualità dell'aria, gli studi si concentrano su quelli per il sistema nervoso e i reni e per la riproduzione e lo sviluppo

portato nel 2017, invece, dieci persone sono finite in ospedale con una grave intossicazione e alcune di esse hanno dovuto essere sottoposte a emodialisi. La storia, dicono gli autori dell'articolo su *JAMA*, mette in evidenza la necessità di studiare gli effetti sulla salute della ingestione non intenzionale, ovvero quella che potrebbe verificarsi quando una persona beve senza saperlo acqua tossica. È pertanto fondamentale controllare la profondità e la localizzazione geologica dei pozzi di smaltimento per evitare la contaminazione dei pozzi di acqua potabile. E controllare anche





costantemente la qualità dell'acqua potabile nelle zone del *fracking*. Anche perché, oltre il 10% della popolazione degli Stati Uniti utilizza acqua potabile presa da riserve e fonti private e quindi non soggetta ad analisi accurate. Un'altra ricerca pubblicata nel 2016 sul *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* ha valutato 1021 sostanze chimiche identificate nei fluidi per la fratturazione idraulica e nelle acque di scarto dell'attività di *fracking* per capire se fossero tossiche dal punto di vista della riproduzione e dello sviluppo. Ne è emerso che le informazioni sulla eventuale tossicità mancavano per 781 sostanze chimiche presenti nei liquidi. Rimanevano 240 sostanze, per 103 di esse sono state trovate prove che avrebbero effetti negativi sulla riproduzione, mentre 95 mostravano una tossicità per lo sviluppo e 41 per entrambe le cose.

Il problema, peraltro, è che prima di iniziare la fase di produzione, ogni sito è sottoposto a un lungo periodo di preparazione che consiste nella organizzazione della piattaforma, nella trivellazione verticale, nella fase di fratturazione idraulica. La preparazione di ogni pozzo richiede quindi mesi di lavoro e ogni fase può essere potenzialmente nociva per la salute dei residenti nella zona. L'attenzione deve essere continua nel tempo e il monitoraggio cominciare nelle fasi preliminari.

Esistono delle ancore di salvataggio, concludono gli autori dello studio. Ad esempio i pozzi devono venire "foderati" con il cemento, mentre quelli di sedimentazione devono essere situati a grande profondità e in zone adatte allo scopo. Ma ci vuole che qualcuno controlli che questi requisiti vengano soddisfatti. Un maggiore impegno da parte dell'industria petrolifera e la supervisione delle agenzie regolatorie – concludono i ricercatori – potrebbe aiutare a mitigare i possibili effetti negativi sulla salute, a cominciare dai problemi respiratori per finire poi al Parkinson, alle neuropatie e alle malattie renali che potrebbero verificarsi nel caso di eventuale contaminazione dell'acqua potabile.

L'Umbria e la Paleontologia: radici profonde e scoperte recenti

Marco Cherin

Com'era l'Umbria prima dell'arrivo dell'uomo? Com'è cambiato il territorio in cui viviamo? Quali organismi si sono susseguiti nel tempo? Quali trasformazioni ha subito il clima e quali effetti hanno avuto queste trasformazioni sugli ecosistemi? La Paleontologia può rispondere a queste domande scavando nel Tempo Profondo, nelle radici della vita



L'Umbria è un'area di grandissimo interesse per la Paleontologia a livello nazionale e internazionale. A discapito della modesta estensione geografica (circa 8.500 kmq), la regione è infatti caratterizzata da un'elevata variabilità morfologica, che si traduce in una notevole ricchezza geologica e paleontologica. Le rocce sedimentarie affioranti nel territorio regionale rappresentano uno scrigno d'informazioni sull'evoluzione degli ambienti e della vita in questa porzione di crosta terrestre negli ultimi 200 milioni di anni circa.

Per la maggior parte di questo intervallo, le rocce umbre raccontano una storia sottomarina. Molti degli strati rocciosi che costituiscono i rilievi si sono infatti depositati in contesti marini più o meno profondi in un periodo compreso tra il Triassico Superiore e il Miocene. Le imponenti successioni sedimentarie affioranti lungo la dorsale umbro-marchigiana sono tra gli esempi più notevoli di questo capitolo della storia geologica dell'Umbria e, in generale, dell'Appennino. Lo studio di queste successioni – e soprattutto dei fossili in esse contenuti, come le ammoniti – ha permesso di ricostruire con grande dettaglio l'evoluzione sedimentaria, tettonica e biologica della cosiddetta “Umbria sommersa”.

Questo capitolo si è chiuso a partire dal Miocene Superiore (approssimativamente 6 milioni di anni fa), quando spinte tettoniche di natura compressiva hanno dato inizio all'innalzamento della catena appenninica, portando, per la prima volta, all'emersione di queste antiche rocce marine. Nei millenni successivi, a tale fase compressiva è seguita una fase distensiva, durante la quale l'attività tettonica lungo le faglie ha modellato il territorio in siste-

mi a *horst* e *graben*, con passaggi laterali tra aree rialzate (pilastrici tettonici o *horst*) e fosse tettoniche (*graben*). All'interno di queste ultime ha preso avvio una sedimentazione prevalentemente continentale in contesti lacustri, palustri e fluviali, con formazione di depositi quali ghiaie, sabbie, argille, ligniti e travertini. La principale fossa tettonica attiva in questo intervallo è il cosiddetto Bacino Tiberino, che rappresenta altresì il più ampio bacino sedimentario intermontano dell'intera catena appenninica. Esso si estende per circa 1800 kmq nella parte mediana della regione, da Sansepolcro a Terni e Spoleto, descrivendo una caratteristica Y rovesciata, con il braccio sudorientale e quello sudoccidentale che si separano poco a Sud di Perugia. Il Bacino, in passato erroneamente interpretato come un unico grande lago, è stato in realtà occupato, negli ultimi 3 milioni di anni circa, da un complesso e dinamico sistema di ambienti lacustri, palustri e fluviali in interconnessione tra loro. La grande eterogeneità morfologica del territorio e le ben note oscillazioni climatiche del Plio-Pleistocene (con l'alternanza di periodi glaciali e interglaciali) hanno determinato una fortissima variabilità degli ecosistemi del Bacino Tiberino, tanto nello spazio quanto nel tempo. Tale variabilità ha naturalmente lasciato abbondanti testimonianze nel record paleontologico, soprattutto per quel che riguarda i vertebrati continentali e, in particolare, i mammiferi.

Benché gran parte delle ricerche sui mammiferi fossili umbri si sia concentrata negli ultimi trent'anni, l'esistenza di giacimenti fossiliferi è nota sin dal XIX secolo. Persino il famoso naturalista francese Georges Cuvier, padre della

Paleontologia dei Vertebrati e dell'Anatomia Comparata, nella grande opera *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupeds* (1834), cita il rinvenimento di proboscidi e rinoceronti in località umbre quali Colombella, Todi, Casalina e Scheggia. Dopo le prime segnalazioni di Cuvier, tra il XIX e la prima metà del XX secolo, i mammiferi fossili umbri sono citati da molti altri autori, tra cui ricordiamo, per ricchezza e minuziosità dei dati pubblicati, Pantanelli (*Vertebrati fossili delle ligniti di Spoleto*, 1886), Verri (*Azione delle forze nell'assetto delle valli con appendice sulla distribuzione dei fossili nella Valdichiana e nell'Umbria interna settentrionale*, 1886), Tuccimei (*Alcuni mammiferi fossili delle provincie Umbra e Romana*, 1891), De Angelis d'Ossat (*Rinvenimento di mammiferi fossili nel Pliocene lacustre e salmastro umbro*, 1918) e Principi (*Alcune osservazioni intorno all'età dei travertini di Ellera nei dintorni di Perugia*, 1930).

La letteratura scientifica della seconda metà del XX secolo è focalizzata prevalentemente su Pietrafitta, il principale tra i siti paleontologici umbri, non solo per quantità di reperti rinvenuti, ma anche per l'importanza che essi assumono, a livello nazionale ed europeo, per lo studio dell'evoluzione delle faune a mammiferi del Pleistocene. La collezione di Pietrafitta è stata recuperata tra gli anni '60 e '90 nelle miniere di lignite utilizzate per alimentare la locale centrale termoelettrica. La fauna è datata a circa un milione e mezzo di anni fa e include migliaia di resti ben conservati – tra cui alcuni scheletri completi – di pesci dulciacquicoli, anfibi, rettili, uccelli e ben diciotto specie

La fauna di Ellera di Corciano ha rilevanza scientifica. Rappresenta un intervallo storico poco conosciuto a livello nazionale

di mammiferi. Tra questi, spicca la più ricca collezione europea di *Mammuthus meridionalis*, grande proboscido dalle zanne ricurve caratteristico del Pleistocene Inferiore. Nel triennio 2010-2013, il Dottorato di Ricerca da me svolto presso l'Università degli Studi di Perugia in stretta collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Umbria (oggi Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio dell'Umbria), ha

portato da un lato alla realizzazione di un esaustivo catalogo dei siti a mammiferi fossili dell'Umbria, dall'altro alla descrizione di alcune faune inedite di notevole interesse scientifico. Tra queste, degne di nota sono senz'altro quelle di Ellera di Corciano e Pantalla (Todi).

Il sito di Ellera è, in ordine temporale, l'ultimo a essere stato scavato nel territorio regionale. I recuperi, effettuati dalla Soprintendenza con il supporto tecnico-scientifico dell'Università di Perugia, si sono svolti in due fasi (2011 e 2013), seguendo i lavori di realizzazione di un nuovo centro commerciale. Le attività di sbancamento e movimento-terra hanno messo in luce una successione stratigrafica di notevole interesse geo-paleontologico, costituita da un'alternanza di livelli argillosi e carbonatici. I primi sono stati interpretati come depositi di piana alluvionale, i secondi come *calcareous tufa*, ossia travertini formati in ambienti lacustri con acque temperate e poco profonde. All'interno dei livelli argillosi sono stati rinvenuti più di 250 resti ossei in buono stato di conservazione, il cui studio preliminare ha permesso l'identificazione delle seguenti forme: una testuggine palustre (*Emydidae* indet.); un'arvicola (*Arvicolidae* indet.); un toporagno (*Soricidae* indet.); un ippopotamo (*Hippopotamus antiquus*); un cervide simile al daino (*Pseudodama farnetensis*); un altro cervide (*Praemegaceros verticornis*), di notevoli dimensioni; un piccolo e snello bisonte arcaico (*Bison degiulii*);

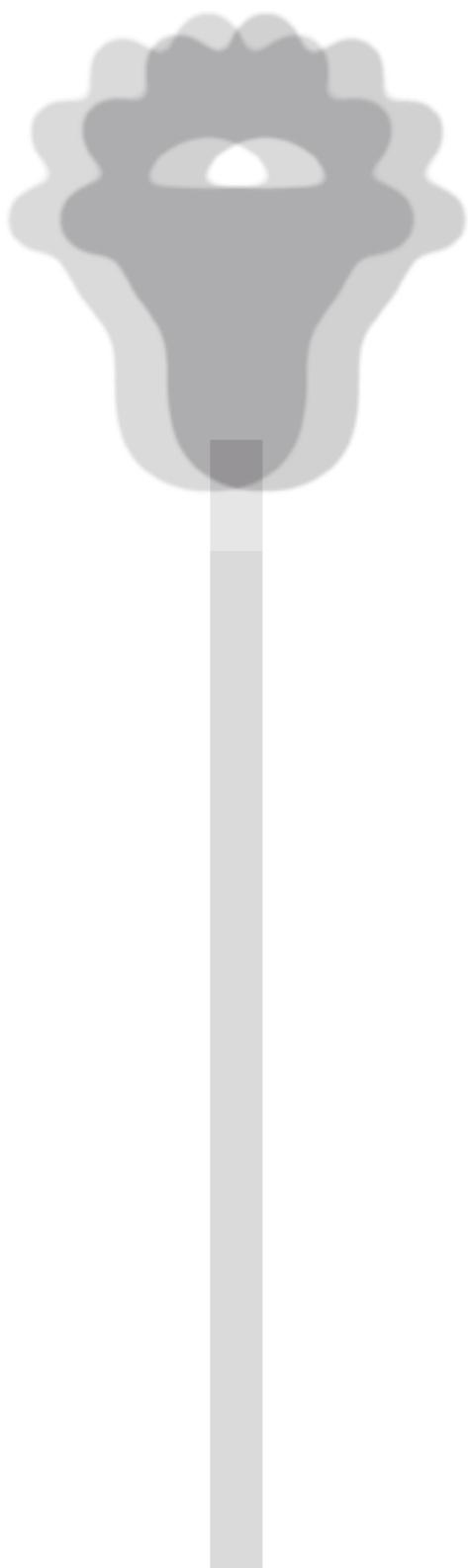


L'eccezionale preservazione dei crani dei carnivori del sito di Pantalla ha stimolato l'avvio di ricerche di grande impatto

un cavallo (*Equus* sp.) e un mammut (*Mammuthus* sp.). Tra i reperti recuperati, rivestono particolare interesse uno scheletro parziale di ippopotamo comprendente il cranio, e ben due scheletri di mammut, uno dei quali include le zanne pressoché complete. La fauna di Ellera di Corciano ricopre un'importanza scientifica particolare, perché rappresentativa di un intervallo cronologico poco conosciuto a livello

nazionale, attorno a 1 milione di anni d'età (parte terminale del Pleistocene Inferiore).

L'eccezionale fauna a mammiferi di Pantalla è stata recuperata dalla Soprintendenza nel 1994-1995 durante i lavori di realizzazione del Parco Tecnologico Agroalimentare. In un livello sabbioso nella parte inferiore della successione, formatosi in un antico canale fluviale, sono stati trovati abbondanti resti ossei in ottimo stato di conservazione, concentrati in un'area molto ristretta (meno di 2 metri quadrati). Un livello argilloso sovrastante, interpretato come un paleosuolo, ha invece restituito un numero minore di reperti, perlopiù frammentari e con distribuzione più caotica all'interno dello strato. L'associazione di Pantalla rappresenta un *unicum* a livello nazionale e internazionale. I fossili del livello sabbioso, infatti, sono rappresentati perlopiù da crani e mandibole, resti normalmente piuttosto rari perché molto fragili e quindi più vulnerabili ad agenti geologici distruttivi (come il trasporto, l'abrasione, la dissoluzione chimica, lo schiacciamento litostatico). Lo studio della collezione è tuttora in corso, ma i dati finora in nostro possesso permettono d'identificare le seguenti specie: un piccolo roditore (*Apodemus dominans*); un canide (*Canis etruscus*) presumibilmente legato alla linea evolutiva del lupo; una volpe (*Vulpes* sp.); una lince (*Lynx issiodorensis*), imparentata con l'attuale lince iberica; un ghepardo gigante (*Acinonyx pardinensis*); una lontra (*Lutraeximia umbra*), descritta per la prima volta proprio nel sito di Pantalla e, per ora, unica nel suo genere; un suide (*Sus strozzi*), affine alle attuali specie del Sud-est asiatico; un cervide (*Pseudodama nestii*) imparentato con il daino; un bovino (*Leptobos merlai*) con aspetto simile alle antilopi; un cavallo (*Equus* sp.) morfologicamente affine alle zebre e, ancora una volta, un mammut (*Mammuthus meridionalis*). Dal punto di vista cronologico, la fauna può essere attribuita alla parte iniziale del Pleistocene Inferiore (circa 1,9 milioni di anni). Di grande interesse sono soprattutto i resti di carnivori, poiché in genere poco rappresentati nel record fossile a causa della ridotta dimensione delle popolazioni negli ecosistemi naturali.



L'eccezionale preservazione dei crani dei carnivori ha stimolato l'avvio di ricerche di grande impatto, basate sulla sovrapposizione tra metodi paleontologici tradizionali (come lo studio morfologico e biometrico dei reperti basato sulla comparazione con forme affini, sia attuali che fossili) e innovativi, basati su tecnologie all'avanguardia. Tra queste, rivestono particolare rilevanza le analisi tomografiche ad alta risoluzione. Queste tecniche permettono di ottenere immagini tridimensionali dei fossili molto accurate, che possono essere analizzate ed elaborate mediante appositi software. La "rivoluzione" avviata dall'ingresso delle TAC nella ricerca paleontologica porta con sé vantaggi innumerevoli. Innanzitutto, questo approccio metodologico riduce la necessità di manipolare i reperti originali, spesso pezzi unici d'inestimabile valore scientifico. Inoltre, l'utilizzo di modelli virtuali facilita la condivisione degli stessi, aumentando esponenzialmente le opportunità di confronto e collaborazione scientifica. Grazie a internet, oggi i modelli dei fossili possono essere inviati digitalmente ai paleontologi di tutto il mondo, ma anche essere messi a disposizione del pubblico, nell'ambito di "musei virtuali" sempre più ricchi e diffusi. Infine, l'acquisizione d'immagini tomografiche offre l'opportunità di aprire veri e propri settori di ricerca nuovi, perché consente di esaminare le strutture interne dei fossili. Ad esempio, per quanto riguarda i crani dei carnivori di Pantalla, queste tecniche sono state usate per ricostruire la morfologia dell'encefalo, che lascia tracce ben visibili sulla superficie interna della scatola cranica, oppure per studiare le componenti più profonde dei denti, ossia la



Tra i reperti di interesse recuperati nel sito di Ellera di Corciano, uno scheletro parziale di ippopotamo e due scheletri di mammut

dentina e il cemento, al di sotto dello smalto, o ancora per ricostruire i pattern di densità delle ossa del cranio, al fine d'individuare le zone sottoposte a maggiori stress meccanici durante il morso e valutare, così, inferenze paleobiologiche sul tipo di dieta e sui comportamenti predatori.

In particolare, nel caso specifico del grande felino *Acinonyx pardinensis*, le indagini basate su immagini tomografiche hanno fornito dati interessantissimi sull'ipotetica strate-

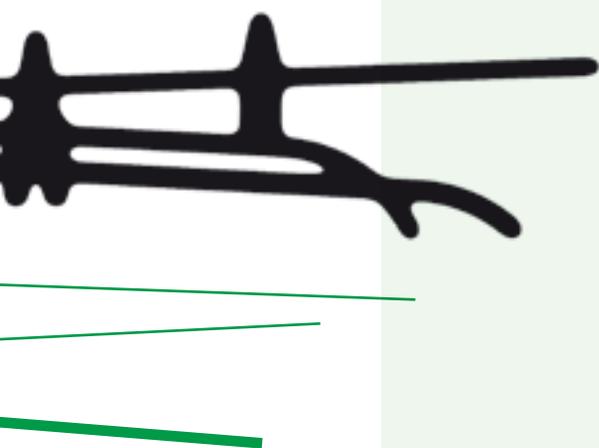


gia di caccia di questo imponente predatore. Prima delle mie ricerche (condotte in collaborazione con esperti delle Università di Firenze e Roma Sapienza), i paleontologi consideravano *Acinonyx pardinensis* come una sorta di versione “gigante” del ghepardo attuale, *Acinonyx jubatus* (la massa corporea media della specie fossile è di circa 80 kg, contro i circa 40 di quella attuale). Questa interpretazione era basata su alcune somiglianze scheletriche esibite dalle due specie: colonna vertebrale lunga e flessibile, coda e arti allungati e potenti, cranio arrotondato e relativamente piccolo. Sulla base di queste affinità, per lungo tempo si è immaginato che la strategia predatoria di *Acinonyx pardinensis* fosse basata su inseguimenti ad alta velocità in spazi aperti, come si osserva nell’attuale ghepardo. Tuttavia, lo studio dei reperti di Pantalla (due crani completi e una mandibola, tra i meglio conservati al Mondo per questa specie) ha in parte contraddetto le vecchie interpretazioni.

Attraverso i modelli 3D dei fossili è stato possibile ricostruire la muscolatura masticatoria di questo felino, ossia il sistema di muscoli deputati all’apertura/chiusura della bocca, quindi responsabili della meccanica del morso. Il confronto con alcuni felini attuali ha messo in evidenza come il cranio, i denti e soprattutto i muscoli masticatori di *Acinonyx pardinensis* fossero più simili all’attuale *Panthera* (genere che oggi include grandi felini con cranio più allungato, come il leone, il leopardo e il giaguaro), piuttosto che al ghepardo *Acinonyx jubatus*. Di conseguenza,

per la prima volta si è ipotizzato che *Acinonyx pardinensis* avesse comportamenti predatori più affini agli attuali felidi panterini, ossia basati su brevi inseguimenti e/o agguati e focalizzati su prede di dimensioni medio-grandi.

Le località di Pantalla ed Ellera di Corciano rappresentano due esempi straordinari della grande ricchezza paleontologica dell’Umbria e del ruolo chiave che essa può svolgere per la comprensione dell’evoluzione del paesaggio e delle comunità animali e vegetali nel corso del tempo geologico. Lo studio di questo patrimonio culturale non è fine a sé stesso. Da un lato, la conoscenza della Preistoria risponde a un’esigenza, una curiosità intellettuale molto diffusa nella collettività, soprattutto nei più giovani. Dall’altro, tale studio s’inserisce in un filone di ricerca molto attivo, quello della ricostruzione degli ecosistemi e delle condizioni climatiche del passato per una maggiore comprensione di quelle presenti, caratterizzate da cambiamenti drastici di grande attualità (questo tema è stato affrontato anche nell’articolo *Tempi storici e tempi geologici* recentemente apparso su *micron* n. 37). Molto ancora può essere fatto per la conoscenza del patrimonio paleontologico regionale e, soprattutto, per la divulgazione di questa conoscenza alla comunità, attraverso esposizioni museali (purtroppo molto carenti in Umbria, a dispetto delle potenzialità delle collezioni), incontri con il pubblico e ricorso ai mezzi di comunicazione di massa.



Perugia SottoSopra. Quando la Geologia racconta la Città

In mostra uno sguardo inedito sul capoluogo umbro e la sua acropoli

Italo Calvino scriveva in uno dei suoi capolavori, *Le città invisibili*, che una città è fatta di «... relazioni tra le misure del suo spazio e gli avvenimenti del suo passato», a confermare che ogni città è l'intreccio tra lo spazio geografico che la ospita e le modifiche che nei secoli l'uomo vi ha imposto per una corretta e proficua convivenza con l'elemento naturale.

La Geologia Urbana si occupa proprio di conoscere la natura geologica e la conformazione topografica passata ed attuale dei nostri centri urbani sia per mitigare i rischi naturali ai quali spesso è soggetta sia per riscoprire le risorse che nella maggior parte dei casi sono state alla base della scelta iniziale del sito.

La mostra "Perugia SottoSopra. Quando la Geologia racconta la Città" ospitata al Post di Perugia (Perugia Officina della Scienza e della Tecnologia) dal 10 novembre 2017 al 6 aprile 2018 si prefigge di svelare le "ragioni geologiche" del capoluogo umbro. Organizzata dal Dipartimento di Fisica e Geologia dell'Università di Perugia in collaborazione con il Comune di Perugia e il Post, la mostra è un'occasione unica per conoscere aspetti noti e inconsueti del nostro territorio.

Attraverso immagini suggestive, sorprendenti installazioni multimediali ed *exhibit* interattivi, *Perugia SottoSopra* offre ai visitatori di tutte le età spunti interessanti per uno sguardo del tutto inedito sull'acropoli perugina. Una città "nascosta" quella raccontata nella nuova mostra allestita negli spazi del Post dove il dato geologico arricchisce la percezione dello spazio urbano integrando le più note conoscenze storico artistiche.

La mostra si articola in tre sezioni per scoprire gli aspetti geologici e geomorfologici del colle, il patrimonio paleontologico del nostro territorio attraverso reperti di mammiferi continentali vissuti in città negli ultimi 3 milioni di anni e le caratteristiche delle pietre da costruzione utilizzate nei principali monumenti dell'acropoli perugina.

L'esposizione si apre con un viaggio a ritroso nel tempo tra gli ambienti che hanno caratterizzato il territorio regionale nel corso delle ere geologiche. Un viaggio che può essere intrapreso grazie al "racconto" delle rocce che si osservano in superficie e di quelle che via via si "incontrano" scavando in profondità, sfatando alcuni miti come quello che vuole all'origine del toponimo Cenerente dell'omonima frazione a nord di Perugia, i depositi (ceneri) eruttati dal vicino Monte Tezio o, al contrario, svelando la presenza di depositi di origine vulcanica nel sottosuolo di Pian di Massiano.

Da qui parte poi un excursus sulle caratteristiche dei depositi fluviali del colle su cui sorge Perugia, per scoprire che i suoi suggestivi e pittoreschi scorci sono legati, in qualche modo, alla fragilità intrinseca del territorio che ne rispecchia la natura ge-

ologica e geomorfologica. Fragilità con cui l'uomo, nel corso della storia dell'insediamento urbano della città, ha dovuto continuamente confrontarsi in una sfida non sempre semplice. Il pubblico potrà divertirsi a ricostruire il puzzle geologico del Colle in 3D o ancora a modellare i suoi pendii interagendo con la *Augmented Reality Sand Box*, una vera e propria esperienza di realtà aumentata. Nella seconda sezione della mostra lo sguardo si allarga dal colle di Perugia ai rilievi montuosi circostanti, che nel periodo etrusco e medioevale hanno fornito i materiali con cui sono stati edificati i principali monumenti oggi simbolo della città fino ai giacimenti argillosi sfruttati a cavallo tra il XIX e il XX secolo. Campioni di rocce, sezioni sottili e microscopio saranno a disposizione dei visitatori per scoprire, come veri geologi, le caratteristiche delle pietre che "colorano" le vie del centro storico.

La parte conclusiva della mostra si focalizza sul patrimonio paleontologico della regione con l'esposizione di alcuni reperti fossili rinvenuti in siti del colle perugino, come ad esempio il cranio del rinoceronte *Stephanorhinus*. Sarà poi possibile soffermarsi sulla conoscenza del Bacino Tiberino, la serie di specchi d'acqua collegati da una fitta rete fluviale che attraversava l'intera Umbria, e al quale essenzialmente si deve l'abbondanza dei siti paleontologici nel territorio; ippopotami, rinoceronti, mammut e "tigri" dai denti a sciabola sono solo alcuni esempi di mammiferi che popolavano il Bacino in passato.

La mostra sarà accessibile al pubblico con ingresso gratuito nei seguenti orari: dal martedì alla domenica dalle 15.30 alle 19.30 (chiuso i lunedì non festivi, 25 dicembre e 1 gennaio).

Nei mesi di esposizione della mostra, Post e Università di Perugia propongono un ricco calendario di eventi collaterali: dal trekking di geologia urbana lungo le vie cittadine ad incontri con geologi e ricercatori dell'Università di Perugia e liberi professionisti che tratteranno in maniera più approfondita alcuni dei temi affrontati lungo il percorso espositivo.



Scuola: alla ricerca di una nuova grammatica della fantasia

Pietro Greco

Viviamo nell'era dei computer, di internet, degli *iPhone*, dei *touch screen*. È un cambiamento epocale. I nostri ragazzi apprendono in mille modalità diverse. Da infinite fonti. Può la scuola continuare a trasmettere il sapere come se essa fosse l'unica fonte e il suo l'unico modo di trasmettere il sapere?

Come deve essere la scuola per i *millennials*?

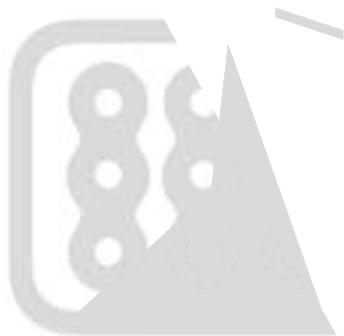
Nel 1962 il più grande scrittore per l'infanzia italiano del XX secolo, Gianni Rodari, pubblica *Il pianeta degli alberi di Natale*. Il racconto è ambientato nello spazio e non più nell'orto, come era avvenuto fino ad allora, e ha per protagonisti persone che si muovono per pianeti e non Cipollino e Pomodorino, ovvero ortaggi antropomorfizzati. Rodari spiega i motivi del cambiamento. Il mondo è cambiato: «Scrivo per i ragazzi di oggi, astronauti di domani». Ragazzi che vivono e apprendono, dirà nel 1973, in un universo tecnologico e, quindi, cognitivo affatto diverso da quello conosciuto solo pochi decenni prima dai loro padri e molti decenni prima dai padri dei loro padri. In questo nuovo universo tecnologico e, quindi, cognitivo, una nuova scuola, un nuovo metodo d'insegnamento. Occorre, scriverà nel 1973, una "nuova grammatica della fantasia".

Più di mezzo secolo dopo l'universo cognitivo e i suoi abitanti sono ancora una volta cambiati. A volare nello spazio non sono (solo) razzi e satelliti artificiali, ma informazioni. Una rete virtuale connette tutti con tutti. Sono cambiati i ragazzi, ormai tutti *millennials* e, dunque, nativi digitali. Deve necessariamente cambiare la scuola. Viviamo nell'era dei computer, di internet, degli *iPhone*, dei *touch screen*. È un cambiamento epocale. I nostri ragazzi apprendono in mille modalità diverse. Da infinite fonti. Può la scuola continuare a trasmettere il sapere come se lei fosse l'unica fonte e il suo l'unico modo di trasmettere il sapere? Già, ma come deve essere la scuola per i nativi digitali, cybernauti del presente? È da tempo che le scuole di pedagogia si pongono queste domande. Inutile dire che non abbiamo risposte de-

finitive. Nessuno ne ha. Perché si tratta di cambiare un modo di insegnare antico, vecchio – a ben vedere – di almeno tre millenni. Un metodo lineare fondato su due trasmittenti, un mezzo, due canali, e un ricevente. Le due trasmittenti sono il maestro e il libro. Il mezzo è la parola.

I canali sono la parola orale (quella del maestro) e la parola scritta (quella del libro). Non a caso, infatti, gli esami si dividono ancora in orali e scritti. Quanto al ricevente unico, beh è fin troppo chiaro: lo studente. Sia esso delle elementari, delle medie inferiori o delle medie superiori. La trasmissione ha una sola direzione: da chi sa a chi non sa. Una direzione che gli inglesi definiscono, in maniera molto efficace, *top-down*: dall'alto in basso. Dove l'alto sono le vette del maestro e del libro. E il basso è lo studente. Dove il termine e il singolare non sono scelti a caso. Perché la trasmissione del sapere a scuola da qualche millennio non è personalizzata (tranne per pochi fortunati che in epoche passate potevano permettersi un tutor a domicilio), ma è sostanzialmente uguale per tutti, come se tanti ragazzi con intelligenze, interessi, creatività, bisogni, speranze diversi fossero un solo ragazzo. Lo studente, appunto.

Intendiamoci, questo tipo di scuola ha funzionato bene. D'altra parte non sarebbe durata tanto se non avesse avuto una base solida. E solide giustificazioni. Ma tutto questo ora non funziona più. È cambiato l'ambiente cognitivo. Sono cambiati, di conseguenza, i ragazzi. Deve cambiare l'insegnamento. La scuola deve essere, letteralmente, ri-creata. Già, ma come? Lo abbiamo detto. Nessuno ha una risposta a una simile domanda, di portata epocale. Tutto sommato pochi, vista la posta in gioco del problema, si



cimentano nell'impresa di cercarla una risposta. Qualcuno qualche idea inizia ad averla.

Piuttosto interessanti, per esempio, sono quelle espresse qualche tempo fa da Luigi Berlinguer, un giovane ottantacinquenne, storico del diritto, con esperienze da rettore, deputato e Ministro dell'Istruzione oltre che dell'Università e della Ricerca, che ha pubblicato non molto tempo fa un libro cui non a caso ha dato il titolo di: *Ri-creazione*. Con un'aggiunta che è già una spiegazione: *Una scuola di qualità per tutti e per ciascuno*. Sono tre indicazioni di ampio respiro che, a ben vedere, pongono il problema del rapporto tra scuola e società, tra modernità e democrazia, quattro secoli dopo che il moravo Jan Amos Komensky, più conosciuto come Comenio, ha indicato nella scuola di massa e nell'educazione per tutti la nuova frontiera della modernità e la pasta stessa della democrazia, perché è attraverso la scuola che tutte le persone possono migliorare la propria condizione intellettuale e sociale. Il tema della qualità per tutti e per ciascuno delinea il nuovo rapporto non



Fra trent'anni in Corea del Sud i due terzi delle persone in età da lavoro avranno una laurea. In Italia invece solo il 23%

solo tra scuola, ma tra conoscenza e società. Un rapporto oggi diventato così forte, così intimo, così interpenetrato, da indurre molti sociologi a definire la nostra come "la società della conoscenza". E da pretendere sia dalla scuola che dalla società di ripensare se stesse. Di ri-creare se stesse, appunto. E di ripensare (di ri-creare) la democrazia, riconoscendo che oggi la conoscenza è un potente (il più potente) fattore di inclusione o di esclusione sociale. Da sempre la conoscenza ha un peso nella vita dei singoli e dell'intera società. D'altra parte non è un caso che, non senza un pizzico di presunzione, noi umani abbiamo definito *sapiens* la nostra specie. E abbiamo definito *habilis* – e abile in cosa, se non nell'applicare con sistematicità la propria capacità di acquisire nuova conoscenza? – la specie cui attribuiamo l'inaugurazione del nostro genere, *Homo*.

Oggi, tuttavia, il nostro rapporto con il sapere è cambiato. Perché la produzione incessante di nuova conoscenza è diventato il *primum movens*, il motore primo, della dinamica

sociale e dell'economia. La nostra società si definisce “della conoscenza” perché l'economia è sempre più fondata sulla “produzione di nuova conoscenza”. Non è semplice tradurre in cifre questa affermazione. I minimalisti sostengono che il 30% della ricchezza oggi prodotta al mondo è “economia della conoscenza”. Ma alcuni sostengono che è lecito persino raddoppiare la percentuale: i due terzi dell'intera economia mondiale sarebbe fondata sulla produzione e/o trasmissione e/o applicazione di conoscenza. Alcuni consulenti dell'Amministrazione degli Stati Uniti d'America sostengono che l'80% della nuova ricchezza generata nel Paese dal dopoguerra a oggi è frutto dell'innovazione tecnologica figlia della ricerca scientifica. Ovvero della produzione di nuova conoscenza intorno al mondo naturale.

Ma non stiamo a sottilizzare sulle cifre. Una cosa è certa: la conoscenza è la cifra della nostra epoca. Come i razzi erano quella dell'epoca di Gianni Rodari. Mai un numero così alto di persone nel mondo ha avuto 15/20 anni di studio alle spalle. Mai un così alto numero di giovani (oltre il 40% in area OCSE) ha avuto una laurea. Mai un così alto numero di persone ha continuato ad apprendere per tutta la vita (*long life learning*) come oggi. Ma, come abbiamo detto, la nostra epoca è segnata anche dalla tecnologia (il che non è casuale). Nuovi strumenti tecnologici consentono l'accesso ad uso creativo di una quantità di informazione e di conoscenza (ebbene sì, anche di conoscenza) che non ha precedenti nella storia. Ed è una conoscenza che si sviluppa con una modalità a rete: la rete di computer, la rete della telefonia mobile, le reti radiotelevisive, la rete delle reti. Tutti (o quasi) siamo connessi con tutti (o quasi). E poiché la conoscenza è un bene strano – più persone la usano, più cresce – mai il mondo ha avuto una conoscenza collettiva così grande ed estesa. Gianni Rodari coglieva un elemento essenziale degli anni '60 del secolo scorso quando sosteneva: noi adulti ormai scriviamo per i ragazzi di oggi, astronauti di domani. Per questa abbiamo bisogno di una nuova grammatica della fantasia. Parafrasando Rodari, noi adulti “comunichiamo con i ragazzi di oggi, cyber-

nauti di oggi”. I ragazzi di oggi vivono in un universo cognitivo largamente inesplorato e affatto diverso da quello non solo di noi genitori, ma anche dei loro fratelli maggiori. È chiaro quindi che noi, immigrati digitali, dobbiamo riscrivere daccapo – ri-creare, appunto – la nostra grammatica della fantasia, se vogliamo comunicare e se vogliamo contribuire all'apprendimento efficace dei ragazzi di oggi, tutti nativi digitali.

In questa opera di ri-creazione la scuola deve accettare e vincere due sfide. Diverse e in apparenza persino antitetico. Una è la sfida della quantità. Occorre fare in modo che molti, tendenzialmente tutti devono poter compiere 15/20 anni di studi. Non a caso l'Europa si è posta come obiettivo che almeno il 40% dei suoi giovani tra i 25 e i 34 anni abbia una laurea. Ma alcuni Paesi sfiorano il 60%. Uno, la Corea del Sud, il 70%. Fra trent'anni in Corea i due terzi delle persone in età da lavoro avranno una laurea. Non è possibile, non è democratico che in Italia solo il 23% o al massimo il 24% dei giovani giunga ad avere una laurea. Stiamo accettando troppo passivamente, nel nostro Paese, che i nostri figli siano tra i poveri, dal punto di vista cognitivo, del mondo. Ma non basta. La sfida quantitativa impone che molti, tendenzialmente tutti, continuino ad apprendere per tutta la vita. Il *long life learning* è ormai considerato non solo un diritto di ciascuno, ma anche un bene comune. Una ricchezza cui nessuna nazione moderna può rinunciare, pena la sua stessa marginalizzazione culturale ed economica.

La seconda sfida è quella della qualità. Occorre “una scuola per ciascuno”. Ovvero, abbandonare l'idea che si possa trasmettere, con il classico approccio *top-down*, un sapere uguale per tutti. Occorre invece acquisire l'idea – ecco la nuova grammatica della fantasia – che ciascuno studente o, per dirla con il sociologo francese Alain Touraine, ogni “soggetto individuale” compartecipi con spirito critico e creatività alla sua stessa formazione, secondo un percorso personalizzato che si modella sull'intelligenza, l'interesse, la creatività, i bisogni, le speranze, la storia di ciascuno. La scuola deve essere in grado di trovare

le strade giuste per allenare lo scrittore e/o il matematico, il pittore e/o il fisico, il filosofo e/o il chimico, il fotografo e/o il biologo, l'attore e il regista e/o il medico, il musicista e/o il neuroscienziato che è in un ragazzo. Accettare e vincere le due sfide per la scuola significa ri-creare se stessa e proporsi come "scuola del soggetto", in grado di perseguire l'uguaglianza nella diversità.

Ciò costituisce un inedito cambio di paradigma. Perché significa che, nell'era dei nativi digitali e della conoscenza che si trasferisce mediante reti con un'infinità di nodi, la scuola non deve cercare di trasmettere la conoscenza, di cui non ha più il monopolio, ma deve insegnare a ciascuno come si apprende: cioè come si acquisisce e, magari, si produce conoscenza. Non è né facile né scontato. Non lo è per gli studenti, perché richiede (impone) loro di diventare attori del proprio destino culturale. Ma non è neppure impossibile. Perché la sfida richiede di apprendere ri-creandosi, in una dimensione, dunque, che è prima di tutto piacere. Ma non è facile né scontato neppure per i docenti, perché chiede loro

Stiamo accettando troppo passivamente, in Italia, che i nostri figli siano tra i poveri, dal punto di vista cognitivo, del mondo

di trasformarsi da "agente che trasmette" a "guida che connette". E tuttavia non è impossibile. Perché anche i docenti, nel nuovo ambiente informatico, stanno imparando a ri-creare il loro sapere. A vivere in un universo cognitivo fatto appunto di connessioni a rete e non più di singoli canali lineari. Quella che proponiamo è certamente una visione illuminista, che guarda con ottimismo alle opportunità cui spalancano le nuove tecnologie. Ma, altrettanto certamente, è quella di un illuminista realista. Perché riconosce che, così com'è strutturata, la scuola, di ogni ordine è grado, ancorché in maniera molto diversificata, è in mezzo al guado. Mancano le risorse. In Italia la scuola è stata sottoposta a tagli molto pesanti: i tagli più pesanti, incredibile a dirsi, riservati da vari governi negli ultimi anni alla pubblica amministrazione: il doppio, rispetto alla media. Ma la scuola è in mezzo al guado anche e soprattutto perché è vecchia. Anche fisicamente. Il mondo intorno alle aule scolastiche è quello del XXI secolo. Ma le aule – metaforicamente e non

solo – sono ancora quelle del XIX secolo. Eppure non partiamo da zero. Abbiamo una tradizione importante di pensiero pedagogico che spalanca sul futuro. Magari ci siamo dimenticati di loro, ma non è un caso se il nostro Paese ha dato i natali a gente come Maria Montessori e don Lorenzo Milani, teorici e pionieri della scuola partecipata e personalizzata. Non è un caso che ha dato i natali a Gianni Rodari, teorico e pioniere della ri-creazione (nel suo duplice senso) continua dell'apprendimento. Non è un caso che ha dato i natali a Emma Castelnuovo, la matematica recentemente scomparsa che ha cercato strade nuove per insegnare la scienza dei numeri. E il pensiero scientifico come pensiero critico.

Queste tradizioni non si sono esaurite. Ancora oggi nella scuola italiana ci sono energie vitali. Anche oggi la scuola italiana ha, al suo interno, le risorse umane per accettare e cercare di vincere le sfide dei tempi, perseguendo non un apprendimento fine a se stesso, non la semplice acquisizione di conoscenze e di nozioni, ma un tipo di apprendimento per competenze. Michel de Montaigne, già nel Seicento, diceva: «Noi teniamo in serbo le opinioni e la scienza altrui, e questo è tutto. Bisogna farle nostre. A cosa ci serve la pancia piena di cibo, se non lo digeriamo? Se esso non si trasforma in noi? Se non ci fa crescere e non ci rende più forti?». In queste parole c'è il programma per uscire dalla contingenza e dalle politiche di bilancio e per costruire, fisicamente e metaforicamente, nuove aule. Aule spalancate a tutti: è la sfida della democrazia nella società della conoscenza. Ma anche aule in cui tutti, ciascuno secondo il proprio metabolismo, possono trovare e digerire il cibo della mente, trasformando i contenuti di sapere e di conoscenza in esperienze di costruzione d'identità, di elaborazione di progetti individuali, di capacità di adattarsi a un mondo che cambia e continuamente offre situazioni sempre nuove. Difficile? Certo. Perché si tratta di una sfida epocale. Utopico? No. Perché si può trasformare in un grande programma politico. In cui i "soggetti individuali" ciascuno con i suoi bisogni e le sue capacità sono chiamati finalmente a costruire un nuovo collettivo: la società democratica della conoscenza.

Clima e lingua: avevano ragione nell'Ottocento?

Alessandra Cutri

L'idea che sullo sviluppo delle diverse lingue possa aver influito il clima si diffuse già nel Sette-Ottocento nel campo del linguaggio e delle arti, a partire da discussioni di matrice antropologica. Successivamente abbandonata con l'affermarsi della linguistica come disciplina autonoma, tale teoria potrebbe trovare oggi nuovo fondamento nei risultati di una ricerca condotta alcuni anni fa dall'Università di Miami



Una ricerca pubblicata qualche anno fa sui *Proceedings of the National Academy of Sciences* ha curiosamente dimostrato che nello sviluppo delle lingue pesa probabilmente anche la latitudine¹: a giudicare da quanto scoperto dagli esperti dell'Università di Miami, capeggiati da Caleb Everett, in collaborazione con i colleghi dell'Università di Lipsia e dell'Università di Nimega, il clima può avere effetti sulla lingua. Sarebbe quasi che le teorie sette-ottocentesche sulla differenziazione linguistica determinata da effetti climatici abbiano trovato un fondamento scientifico.

A quanto pare, i climi caldi e umidi stimolano la lubrificazione delle membrane mucose che ricoprono le pliche vocali, contribuendo a rendere queste ultime più elastiche e funzionali, capaci di produrre una gamma più ampia di tonalità. È quanto accade, ad esempio, nelle lingue di molti Paesi del Sud-Est asiatico, come il cinese mandarino, nel quale, com'è noto, la differenziazione di tono è determinante per cogliere variazioni di significato. Al contrario, i climi aridi avrebbero effetti deleteri sul movimento delle corde vocali, come ha dimostrato un sondaggio di laringologia da cui ha preso le mosse la ricerca di Everett. Gli esperti di Miami hanno analizzato oltre 3700 lingue del mondo, appartenenti a vari ceppi, e hanno dimostrato che le lingue tonali, soprattutto quelle con toni complessi, sono diffuse in regioni particolarmente umide, come l'Africa centrale, i Tropici e l'Asia subtropicale, mentre nelle aree geografiche con bassissimo livello di umidità, come l'Europa centrale, le lingue tonali sono sostanzialmente assenti.

Ogni minimo effetto climatico sulla lingua produrrebbe un cambiamento che,

amplificato nel tempo dai parlanti, diventa uno specifico trend linguistico.

La ricerca sembra quasi confermare che nello sviluppo delle diverse lingue potrebbe aver influito il clima, come era stato ipotizzato fino al Sette-Ottocento, quando una simile teoria si diffuse nel campo del linguaggio e delle arti, a partire da discussioni di matrice antropologica: l'idea che il clima potesse avere un influsso sulle lingue era in relazione con quella appunto "antropologica" che, più in generale, attribuiva la differenziazione fisica fra razze al clima: un esempio settecentesco si può trovare anche nel pensiero del filosofo francese Condillac.

La credenza, poi, che il clima potesse avere effetti sul comportamento umano, attribuita a Montesquieu, circolava sin dall'antichità. Secondo Charles-Louis de Secondat (1689-1755), al secolo Montesquieu, il clima era responsabile, ad esempio, della schiavitù, della propensione all'alcool, della poligamia (cfr. Gourou 1963), come emerge dalle pagine di *L'esprit des lois*. Madame De Staël, lettrice di Montesquieu, provò ad applicare tale teoria alla letteratura e alle arti. Agli inizi dell'Ottocento, soprattutto in ambito tedesco, l'influenza del clima fu ipotizzata anche nel campo della filosofia della storia (in particolare dai pensatori Hegel ed Herder).

Relativamente all'ambito linguistico, e in particolare italiano, questa ipotesi trovò spazio in seno alle discussioni sull'origine e sulla parentela delle lingue, che riguardarono non solo gli addetti ai lavori (di "linguisti" in senso stretto, infatti, ha senso parlare soltanto a partire dall'Ottocento), ma anche letterati con interessi linguistici (come ad esempio Giacomo Leopardi), che cercarono di spiegare la

Figura 1 - Distribuzione delle lingue "tonali" in rosso e "non tonali" in blu; le aree geografiche più aride sono quelle in nero - (cfr. Everett et al. 2015)



diversità fra le lingue del mondo facendo riferimento a considerazioni antropologiche e "climatiche". Nello *Zibaldone di pensieri*, insieme di appunti raccolti fra il 1817 e il 1832, Leopardi scriveva:

È cosa nota che le favelle degli uomini variano secondo i climi. Cosa osservata dev'essere altresì che le differenze de' caratteri delle favelle corrispondono alle differenze de' caratteri delle pronunzie ossia del suono di ciascuna favella generalmente considerato [...]. Dev'esser parimente osservato, che siccome il carattere della lingua al carattere della pronunzia, così i caratteri delle pronunzie corrispondono alle nature dei climi, e quindi alle qualità fisiche degli uomini che vivono in essi climi, e alle lor qualità morali che dalle fisiche procedono e lor corrispondono. Onde ne' climi settentrionali, dove gli uomini indurati dal freddo, da' patimenti, e dalle fatiche di provvedere a' propri bisogni in terre [3248] naturalmente sterili e sotto un cielo iniquo, e fortificati ancora dalla fredda temperatura dell'aria, sono più che altrove robusti di corpo, e coraggiosi d'animo, e pronti di mano, le pronunzie sono più che altrove forti ed energiche, e richiedo-

no un grande spirito, siccome è quella della lingua tedesca piena d'aspirazioni, e che a pronunziarla par che richiegga tanto fiato quant'altri può avere in petto, onde a noi italiani, udendola da' nazionali, par ch'e' facciamo grande fatica a parlarla, o gran forza di petto ci adoprino. Per lo contrario accade nelle lingue de' climi meridionali, dove gli uomini sono per natura molli e inchinati alla pigrizia e all'oziosità, e d'animo dolce, e vago de' piaceri, e di corpo men vigoroso che mobile e vivido (cit. tratta da Bianchi 2012: 22-23).

La teoria leopardiana non era del tutto nuova in Italia, dove già tra Seicento e Settecento alcuni letterati avevano spiegato la differenziazione linguistica sul suolo italiano facendo appello al clima: questo è il caso, ad esempio, di Gian Vincenzo Gravina (1664-1718), giureconsulto e letterato che, richiamando a sua volta il pensiero di Ludovico Castelvetro (vissuto, quest'ultimo, nel XVI secolo, quando si avviarono in maniera costante le discussioni sull'origine delle lingue neolatine), affermava:

E si dee credere che la volgare comune si fosse man-

tenuta uniforme in tutte le regioni nelle sole bocche de' cittadini romani, che, per tutto sparsi, diffondevano la lingua della plebe romana; ma non nelle bocche nazionali di ciascun paese, ove per necessità dovea, almeno nella pronunzia, sempre alterata comparire; poiché la diversità del clima e del temperamento cangia e distingue naturalmente la pronunzia. Onde, come bene considera il Castelvetro, i Lombardi nati in fredda regione, hanno pronunzia corta, aspra e tronca, e le nazioni più settentrionali sono più copiose di consonanti e di parole monosillabiche, perché hanno i nervi della lingua, per cagion del freddo, più rigidi e meno pronti; ed in conseguenza la lingua più restia. I Toscani e Romani, come nati sotto più temperato cielo, serbano intera la pronunzia, secondo la giusta misura. Onde non è maraviglia se essi hanno meglio che ogni altro, l'uso della lingua illustre, non solo nello scrivere, ma anche nel favellar comune ritenuto. I Napolitani e il resto di quel regno, che per lo temperamento e clima più caldo, hanno i nervi più volubili, più agili e più efficaci, hanno ancora la lingua più lubrica. Onde siccome prima, quando tra gli altri Greci la dorica lingua parlavano, così al presente, secondo l'indole di quel dialetto conformato a quel clima, hanno la espressione troppa intensa, ed allargan più che gli altri popoli della Italia le vocali (Gravina 1708: 147-148).

Un secolo più tardi anche Giuseppe Sarchiani, accademico della Crusca, nella lezione *Della maggiore o minore attitudine delle lingue per la musica e superiorità in questo della comun lingua culta d'Italia ossia del dialetto toscano*, letta il 10 marzo 1818 nell'adunanza dell'Accademia della Crusca, approfondì la questione, sostenendo che la voce, il linguaggio e la pronunzia, fondamento dell'arte musicale, variano «giusta la varietà delle nazioni, de' climi e d'altre fisiche circostanze d'atmosfera, di bevanda, di cibo, così il canto dee naturalmente diversificare, ed essere o dilettevole, o disgustoso, o più o meno perfetto, in conformità della molteplice temperatura degli organi ond'egli viene eseguito» (Sarchiani 1829:

73); richiamando, poi, le affermazioni di Gravina e Castelvetro sulla variabilità linguistica sul suolo italiano, le sosteneva con forza, contro le opinioni dell'abate Saverio Bettinelli; per Sarchiani, infatti, sebbene la

qual proposizione [dell'influenza del clima sulla lingua, n.d.t.] comechè al Bettinelli sia sembrata curiosa, e di prova difficile, nonostante ci si dimostra assai ragionevole, ed appien comprovata dalla non fallace esperienza, senzachè faccia di bisogno ricorrere agli anatomici per esaminare i nervi della lingua de' vari popoli, nè a' fisici per sapere, se il caldo scioglie ed alleggerisce la pronunzia, o fa allargar le vocali (Sarchiani 1829: 74).

Nel corso dell'Ottocento, tuttavia, le teorie sull'influenza del clima sulla lingua furono sempre più osteggiate, anche a causa del diffondersi di spiegazioni sulla differenziazione linguistica collegate all'influsso delle lingue di "sostrato" o di "superstrato"². Già lo storico Cesare Lucchesini (1756-1832), ad esempio, contestò apertamente quanto il collega e presbitero Carlo Denina (1731-1812) aveva affermato nelle pagine degli atti dell'Accademia di Berlino, ossia che il clima, insieme al terreno e ad altri fattori, influenzasse la lingua (cfr. Denina 1792:



La credenza che il clima potesse avere effetti sul comportamento umano circolava sin dall'antichità

173). Per Lucchesini, invece, la differenziazione era dovuta alle sole lingue materne di popoli invasori che avevano dovuto acquisire una nuova lingua (quella dei popoli dominati: il latino) riversando su di essa alcune caratteristiche della pronunzia della propria lingua madre. Scriveva, infatti, Lucchesini:

I popoli barbari, che invaser l'Italia furon costretti d'avvezarsi alla lingua latina; ma per quella difficoltà, che si prova da prima nell'intender bene o

bene esprimere qualche voce straniera, ora cambiarono qualche vocale o qualche consonante, ora tolsero, o aggiunsero qualche lettera o sillaba in principio in mezzo o in fine. Ora l'alterazione in questa guisa fatta a una lingua si chiama fisica dal Signor Denina, perché egli derivata la crede dal clima o dalla organizzazione de' nuovi abitanti. Ma io dubito, che volendo questo scrittore comparir filosofo sottile e profondo abbia traviato dal retto sentiero della verità. In fatti io non so bene qual sia il clima che ama una vocale piuttosto che un'altra e fa accorciare le parole di qualche sillaba. Né vedo pure come una certa conformazione di muscoli o di nervi o di non so che altro possa produr questo. E son d'avviso che se nel cuore della Svezia o della Danimarca o della Germania si trasferisse una colonia toscana o lombarda, e a questa si consegnasse qualche fanciullo appena nato di padri Svezzesi o Danesi o Tedeschi, son d'avviso io dissi, che egli si avvezzerrebbe alla lingua di que' coloni né la difformerebbe con accorciamenti o mutazioni, e pure il clima sarebbe diverso dal Toscano e dal Lombardo, e tal sarebbe la sua organizzazione qual l'avrebbe sortita nascendo. Il solo uso lunghissimo e costante forma la pronunzia e quei barbari giunti in Italia alterarono la lingua latina non pel clima, in cui eran nati, non per la naturale organizzazione loro, ma per la lingua alla quale eran avvezzi (Lucchesini 1819: 7-8).

Ma il maggior discredito verso la teoria dell'influsso climatico sulla lingua venne nell'Ottocento dagli studiosi di linguistica. Secolo della fede positivista nella scienza e in tutto ciò che è possibile verificare con dati concreti, l'Ottocento vide il fiorire della linguistica come disciplina autonoma, dotata di metodi propri, per la prima volta "scientifici", ossia basati sulla misurabilità effettiva dei risultati delle ricerche. Pertanto, furono presto abbandonate le discussioni glottogoniche sull'origine (umana o divina) del linguaggio e sulla derivazione di tutte le lingue del mondo da un'unica lingua madre (teorie monogenetiche, influenzate da fattori religiosi: unità linguistica originaria confusione babelica) o sulla presenza

sin dalle origini dell'umanità di diversi ceppi linguistici (teorie poligenetiche); tali discussioni avevano imperato soprattutto nella prima metà del XIX secolo: la corrente linguistica più accreditata nel secondo Ottocento propendeva per l'origine umana del linguaggio e la diatriba tra sostenitori delle teorie monogenetiche e sostenitori delle teorie poligenetiche si spense, a favore dei poligenisti, che negavano decisamente l'influenza del clima sulla lingua (cfr. Timpanaro 2011: 386n.).

La linguistica, ormai, diffidava da disquisizioni non fondate su dati empirici e dimostrabili, come era quella relativa agli effetti del clima sulla lingua. In Italia, nella seconda metà del secolo, si impose la teoria del "sostrato", accennata da Carlo Cattaneo e approfondita e messa in pratica da linguisti come Graziadio Isaia Ascoli, Giovanni Flechia e Costantino Nigra. Cattaneo scrisse di argomenti linguistici e le sue idee, che trovarono posto anche nelle pagine de «Il Politecnico», furono in questo campo innovative. In particolare, egli fu uno dei primi studiosi a negare decisamente l'influenza del clima sulla lingua (cfr. Timpanaro 2011: 349) e ad avanzare l'ipotesi che nella differenziazione linguistica pesasse l'influsso delle parlate di sostrato, ossia le lingue materne di popoli che avevano dovuto adottare per la comunicazione quotidiana un'altra lingua, quella del popolo dominatore³. Cattaneo riteneva anche, come altri teorici sei-settecenteschi, che la differenziazione linguistica fosse dovuta a differenze di culto e di costumi, quindi a motivi culturali (cfr. Timpanaro 2011: 349)⁴. L'influenza del clima fu quindi decisamente negata dai linguisti di metà/fine Ottocento, come Ascoli, Bernardino Biondelli e anche quel gruppo di linguisti di Lipsia, definiti "neogrammatici", che attribuivano il cambiamento linguistico a fattori psicologici (l'innovazione linguistica parte nella mente e nella produzione di un singolo individuo o di un piccolo gruppo di individui e si propaga poi alla collettività) e che rappresentarono la scuola vincente per molti decenni a partire dalla fine degli anni Settanta dell'Ottocento⁵. Ciononostante, anche un fine linguista come Ascoli, padre della dialettologia

italiana, mostrò di non essere totalmente estraneo alle teorie “climatiche” quando affermò che alcuni fenomeni fonetici che si riscontrano nei dialetti meridionali, in neogreco e in albanese (nello specifico, la tendenza alla sonorizzazione delle consonanti occlusive sorde) fossero dovuti a un’«alterazione isotermica» (Ascoli 1882-1885: 113), ribadendo anche altrove questa sua idea (cfr. Timpanaro 2011:



La linguistica diffidava da disquisizioni non fondate su dati empirici e dimostrabili

400n.). L’Ascoli e il suo *entourage* scartavano l’idea che il mutamento linguistico fosse dovuto al singolo individuo e lo consideravano come dovuto alla collettività intera, effetto del sostrato, ossia un difetto di pronuncia di popoli non particolarmente abituati ai suoni di una determinata lingua dominante.

La teoria dell’influsso climatico sul cambiamento e sulla differenziazione linguistica fu quindi screditata, criticata come una delle meno attendibili in ambito linguistico e abbandonata. A distanza di quasi due secoli, la ricerca condotta all’Università di Miami sembrerebbe riaprire nuovi scenari alle teorie dell’influsso climatico sulla lingua. Chissà... forse avevano ragione i tanti Leopardi, Gravina, Castelvetro, con le loro idee, probabilmente mutate da pensatori antichi. Lasciamolo scoprire agli esperti.

Note bibliografiche:

¹Cfr. Everett et al. (2015) e anche Everett et al. (2016). Intini (2015) e Scarpolini (2015) hanno dato notizia della prima ricerca statunitense.

²Per i concetti di “sostrato” e “superstrato” in linguistica si vedano Terracini (1962) e Zamboni (2011) e la voce “superstrato” nell’Enciclopedia on line (<http://www.treccani.it/enciclopedia/superstrato/>).

³Nel periodo dell’espansione romana, il latino fu lingua dominante e si impose nei diversi Paesi in cui oggi si parlano le lingue neolatine; quella lingua originariamente unica, però, si differenziò in diverse parlate per influsso degli idiomi locali che soggiacquero al suo arrivo (detti appunto lingue di sostrato).

⁴Così in precedenza anche Giambattista Vico (cfr. Simone 1990: 321).

⁵Anche la corrente “schleicheriana” (dal nome del teorizzatore, August Schleicher), definita “naturalismo”, non metteva in conto l’influenza del clima nel cambiamento linguistico: sotto l’influsso delle teorie darwiniane, la lingua era considerata sulla scorta degli organismi viventi e, pertanto, ogni cambiamento linguistico era considerato l’effetto di un’evoluzione del tutto naturale, biologica (cfr. Cutri in stampa).

Per approfondire:

Ascoli G.I. (1882-1885), *L’Italia dialettale*, in «Archivio Glottologico Italiano», 8 (1), pp. 98-128 [già pubblicato, con il titolo *Italy: language*, in *Encyclopaedia britannica*, Edinburgo, A. & C. Black, vol. XIII, 1880, pp. 491-498].

Bianchi A. (2012), *La “diversità delle lingue” nello Zibaldone di Giacomo Leopardi: prospettive linguistiche, antropologiche e culturali*, in «Rivista italiana di linguistica e dialettologia», 14, pp. 9-28: https://www.academia.edu/16364074/_2012_La_diversità_delle_lingue_nello_Zibaldone_di_Giacomo_Leopardi_prospettive_antropologiche_e_culturali_in_Rivista_Italiana_di_Linguistica_e_di_Dialettologia_XIV_Istituti_editoriali_e_poligrafici_internazionali_Pisa-Roma_pp._9-28.

Boelli T. (1962), *Ascoli, Graziadio Isaia*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 4: http://www.treccani.it/enciclopedia/graziadio-isaia-ascoli_%28Dizionario-Biografico%29/.

Cutri A., *Fra biologia e linguistica*, in «Rivista Micron», 37, pp. 62-67.

Denina C. (1792), *Vicende della letteratura. Libri cinque*, vol. 1, Torino, presso la Società de’ Libraj: https://books.google.it/books?id=6NiXF1KkWQMC&pg=PA173&lpg=PA173&dq=denina+lingua+e+clima&source=bl&ots=Z2yd_jt3cI&sig=MP1LzaUlw_oQ6bMShxh0orNrO3U&hl=it&sa=X&ved=0ahUKewiYgumVgMfVAhWExRQKHV8xB_cQ6AEINTAE#v=onepage&q=denina%20lingua%20e%20clima&f=false.

Everett C. et al. (2015), *Climate, Vocal Folds, and Tonal Languages: Connecting the Physiological and Geographic Dots*, in «Proceedings of the National Academy of Sciences», 112, pp. 1322-1327: <http://www.pnas.org/content/112/5/1322.short>.

Everett C. et al. (2016), *Language evolution and climate: the case of desiccation and tone*, in «Journal of Language Evolution», 1 (1), pp. 33-46: <https://academic.oup.com/jole/article/1/1/33/2281884/Language-evolution-and-climate-the-case-of>.

Gourou P. (1963), *Le déterminisme physique dans «l’Esprit des lois»*, in «L’homme. Revue française d’antropologie», 3 (3), pp. 5-11: http://www.persee.fr/doc/hom_0439-4216_1963_num_3_3_366577.

Gravina P.V. (1708), *Della ragion poetica. Libri due*, vol. 2, Roma, presso Francesco Gonzaga: https://books.google.it/books?id=TcEXiulb52sC&pg=PP7&hl=it&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false.

Intini E. (2015), *Le lingue tonali si sviluppano in climi umidi*, in «Focus», 26 gennaio 2015: <http://www.focus.it/scienza/scienze/le-lingue-tonali-si-sviluppano-in-climi-umidi>.

Lucchesini C. (1819), *Della illustrazione delle lingue antiche, e moderne e principalmente dell’italiana procurata nel secolo XVIII. Dagli italiani. Ragionamento storico, e critico di Cesare Lucchesini*, vol. 1, *Della lingua Italiana e dell’altre lingue moderne d’Europa*, Lucca, presso Francesco Baroni stampatore reale: [http://sebinao.unior.it/sebina/repository/catalogazione/documenti/Della%20illustrazione%20delle%20lingue%20antiche%20\(397387\).pdf](http://sebinao.unior.it/sebina/repository/catalogazione/documenti/Della%20illustrazione%20delle%20lingue%20antiche%20(397387).pdf).

Marazzini C. (2008), *Castelvetto linguista*, in *Ludovico Castelvetto. Letterati e grammatici nella crisi religiosa del Cinquecento*, Atti della XIII giornata Luigi Firpo (Torino, 21-22 settembre 2006), a cura di M. Firpo e G. Mongini, Firenze, Leo S. Olschki Editore, pp. 189-206: https://www.academia.edu/28579217/Claudio_Marazzini_Castelvetto_linguista_atti_convegno_2006_editi_nel_2008.

Morgana S. (2010), *Ascoli, Graziadio Isaia*, in *Enciclopedia dell’Italiano*, vol. 1: http://www.treccani.it/enciclopedia/graziadio-isaia-ascoli_%28Enciclopedia-dell%27Italiano%29/.

Sarchiani G. (1829), *Della maggiore o minore attitudine delle lingue per la musica e superiorità in questo della comun lingua culta d’Italia ossia del dialetto toscano. Lezione di Giuseppe Sarchiani*, in «Atti dell’Imp. e Reale Accademia della Crusca», 2, pp. 73-81: <https://books.google.it/books?id=vShNAQAAMAAJ&pg=PA73&dq=Della+maggiore+o+minore+attitudine+dell+e+lingue+per+la+musica&hl=it&sa=X&ved=0ahUKewicmY7Cht7VAhUHIMAKHRg1CWUQ6AEILDAB#v=onepage&q=Della%20maggiorre%20o%20minore%20attitudine%20delle%20lingue%20per%20la%20musica&f=false>.

Scarpolini J. (2015), *Il clima influenza la lingua, parola di scienziato*, in «Il giornale.it», 13 ottobre 2015: <http://www.ilgiornale.it/news/mondo/clima-influenza-lingua-parola-scienziato-1181941.html>.

Simone R. (1990), *Seicento e Settecento*, in *Storia della linguistica*, a cura di G.C. Lepschy, vol. 2, Bologna, il Mulino, pp. 313-395.

Terracini B. (1961), *Sostrato*, in *Enciclopedia Italiana*, III appendice: http://www.treccani.it/enciclopedia/sostrato_%28Enciclopedia-Italiana%29/.

Timpanaro S. (2011 [1965]), *Classicismo e illuminismo nell’Ottocento italiano, Testo critico con aggiunta di saggi e annotazioni autografe*, a cura di C. Pestelli, Firenze, Casa Editrice Le Lettere.

Zamboni A. (2011), *Sostrato*, in *Enciclopedia dell’italiano*, vol. 2: http://www.treccani.it/enciclopedia/sostrato_%28Enciclopedia-dell%27Italiano%29/.



Quando musica e scienza si incontrano

Valentina Spasaro

Il retaggio del pensiero romantico nei riguardi della musica, caratterizzato da una supremazia del sentimento sull'intelletto e della passione sul calcolo, ha inciso notevolmente nell'occultare la relazione tra musica e sapere scientifico, che dall'antichità classica alle soglie dell'età moderna dominò il dibattito sulla natura e le funzioni dell'esperienza musicale. Solo in tempi recenti, le indagini sulla dimensione scientifica della musica sono ritornate al centro dell'interesse degli studiosi

Marziano Minneo Felice Capella è un nome poco conosciuto dall'opinione pubblica del XXI secolo. Ma tra il IV e il V secolo era un noto avvocato di origine cartaginese, appassionato di scrittura. Nonostante il suo nome non sia giunto ai nostri giorni avviluppato dallo stesso alone di notorietà di molti suoi contemporanei, a questo Marziano va riconosciuto il merito di aver contribuito alla letteratura umana con quello che può definirsi un pionieristico trattato di didattica, il *De nuptiis Mercurii et Philologiae*, Le nozze di Mercurio con la Filologia. Grazie allo stratagemma allegorico, Capella struttura un'opera in cui la protagonista, la sposa Filologia, ascende in cielo accompagnata da sette damigelle, le sette arti liberali, per sposare Mercurio, protettore dell'Eloquenza. Da un lato le damigelle del *trivium*, le arti della dialettica, del discorso, della grammatica, dall'altro le quattro del numero, dell'astronomia, della geometria, dell'aritmetica e della musica, il *quadrivium*. La summa di queste arti-damigelle costituisce il quadro centrale della cultura umana, nonché il paniere delle conoscenze che per l'uomo tardoantico istituisce la via verso la somiglianza con Dio, tramite la conquista della sapienza da parte dell'anima. Lo *switch* compiuto in età moderna da una scienza basata sul metodo matematico e da un'intenzione culturale di matrice romantica, imbastita sul trionfo della passione e del sentimento sull'intelletto, comporta un progressivo abbandono del tradizionale sistema delle arti liberali. Pitagora insegnava la musica e comprese il nesso tra musica, matematica e geometria. Armonia è il fulcro del pensiero filosofico di Pitagora: è il gesto, la politica del corpo, l'economia della vita, è il modo in cui ci si comporta in una

società di giusti. Armonia è la capacità di parlare e cantare bene: armonia è musica come arte della parola, della poesia, della danza, del suono.

Dentro la parola "musichè" sta tutta la pedagogia pitagorica, che mira a trovare l'armonia alla fine della vita. La musica pitagorica è al tempo stesso l'inizio della scienza dell'ordine, del numero, della misura e insieme la nascita di quella virtù politica che la filosofia vuole insegnare all'essere umano.

Nonostante il fatto che il pensiero pitagorico attingesse alle sequenze musicali, non bastò il nome del matematico greco a garantire nel tempo una durezza di gravidanza a favore della disciplina. Negli ultimi cinque secoli si è acuita nella popolazione mondiale la forza con cui ha acquisito grande valenza la convinzione che le possibilità del singolo potessero accrescere tramite la ricerca scientifica. La rivoluzione scientifica è stata una rivoluzione culturale che si distaccava dai tradizionali iter conoscitivi per tre motivi principali: la scienza ammetteva ignoranza, dunque ogni concetto non poteva essere assunto come sicuramente vero; in secondo luogo, l'osservazione matematica divenne centrale e questa centralità si riflesse su una tendenza allo sviluppo di tecnologie sempre più avanzate. I metodi della scienza moderna si basano sulla raccolta di informazioni empiriche, per mezzo di almeno uno dei nostri sensi, da organizzare con l'aiuto della matematica. Per comprendere l'universo occorre collegare le osservazioni tra loro, creando teorie. Nel 1620 il *Novum Organum* di Bacone collegò di fatto la scienza ad una stretta collaborazione con la tecnologia: la scienza è una tecnica a disposizione dell'uomo che, tramite strumenti efficaci



quali gli esperimenti, può dominare la natura e dare forma ai dati dell'esperienza sensibile, previa immunizzazione dai pregiudizi, gli *idòla*, che ostacolano un'azione libera e nuova. Bacone ci serve per comprendere come sin dalla letteratura, le discipline legate più tecnicamente all'avanzamento e al progresso del campo scientifico, acquisirono sempre maggiore spazio e prominenza sino ad essere considerate di "rango superiore". La letteratura, l'arte e la musica rimasero dunque all'ombra della crescita scientifica, senza giocare un ruolo di co-protagonismo, ma piuttosto gli venne loro attribuito una funzione quasi accessoria, di serie B. Nel '900 la *silhouette* del musicista prese i connotati della stravaganza, della controtendenza, dell'anticonformismo, distaccando ancora di più, nell'immaginario collettivo, la scienza e la musica. In tal senso è emblematico l'esempio di Erik Satie, estroso pianista scomparso nel 1925 che tra le migliaia di particolari rituali-orpelli estetici di cui si circondava – accatastava ombrelli senza usarli mai, dell'unico completo che indossava ne possedeva sette copie identiche – riuscì ad oc-

Dentro la parola "musicò" sta tutta la pedagogia pitagorica, che mira a trovare l'armonia alla fine della vita

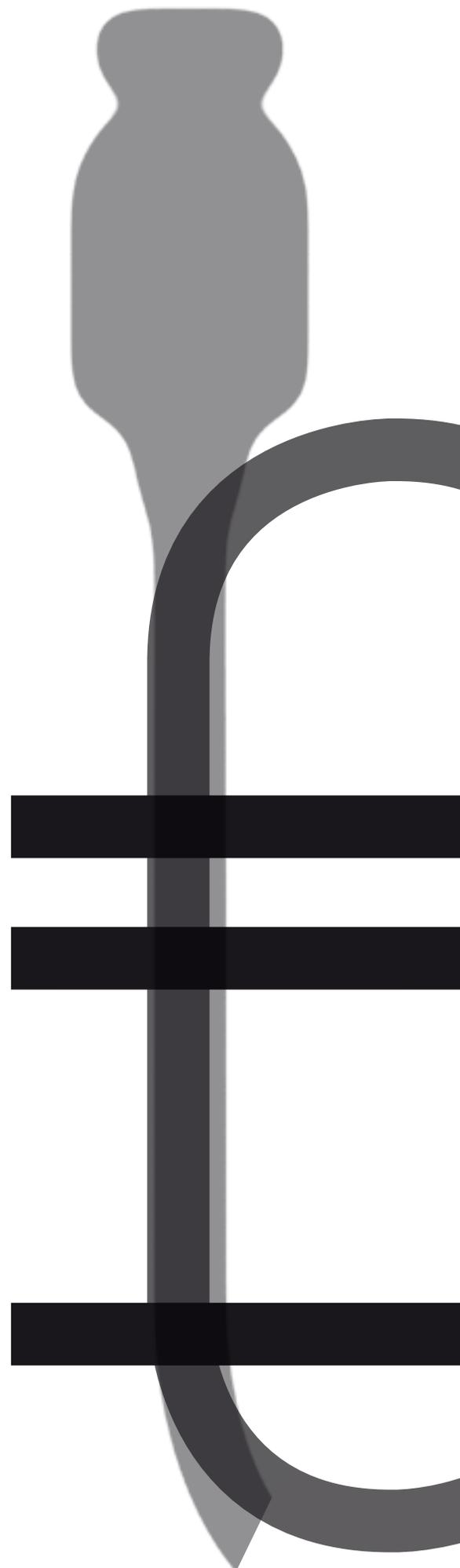
cupare un posto unico all'interno del rinnovamento della produzione artistica e musicale tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, seppur e non riuscì a godere di grande fama se non dagli ultimi anni Novanta in poi. Forza che prorompe dalla contraddizione, indispensabile (come lo definirà John Cage, suo più grande discepolo moderno), la musica di Satie è rottura che controverte il senso del limite con la rivoluzione dello "spezzare i perimetri", i canoni, rincorrendo l'utopia di un immobilismo lento e dilatato. Con la stravaganza inamidata della sua attitudine continuerà per tutto il corso della sua vita a disinnescare i limiti della comunicazione, in primis musicale, divenendo così una figura trasversale radicata in una concezione di arte che rifiuta un'unica famiglia di appartenenza e si espande capillare in più direzioni, sino ad arrivare a essere un vero e proprio esercizio intellettuale. Satie è esplicito all'interno di questa riflessione poiché la sua figura e dunque la sua produzione, a tratti tecnicamente richiamante i sistemi matematici – i

tempi spezzati, le ripetizioni-vessazioni, i suoi innesti sperimentali, le istruzioni programmatiche che anticipavano i libretti delle sue opere – venne altresì adombrata dalla considerazione sociale del musicista all'epoca come artigiano di passatempi uditivi, valutato con rilevanza tecnica in pochi e riservati luoghi. «Fu Carlo Forlanini a inventare nel 1882 a Pavia lo pneumotorace artificiale che ha guarito tanti tubercolotici. Lo pneumotorace artificiale ha riportato la speranza nel cuore dei tisiologi. Forlanini ci ha ridato la fede!».



Le questioni ambientali, come i cambiamenti climatici, saranno implicitamente incluse nella futura produzione musicale

Risulta difficile pensare che qualcuno che non fosse un musicista fosse disposto al tempo di Satie, a scrivere un'affermazione del genere, sulle sue invenzioni compositive, con la stessa salvifica intonazione con cui Léon Bernard omaggiò Carlo Forlanini, inventore del pneumotorace artificiale. Il punto focale è che non viene attribuita a entrambe le discipline la medesima rilevanza per la vita umana. Dunque la musica e il sapere scientifico, arrivano ai nostri giorni effettivamente come abitanti di mondi distanti? La metodologia dell'indagine scientifica esclude interesse per il campo musicale? Questi interrogativi trovano disseminati il loro riscontro negativo nelle numerose ricerche che inglobano, nel medesimo campo di indagine, entrambe le discipline. In tal senso è esempio pregevole ciò che un team di ricercatori guidati da William E. Pelham Jr. del Center for Children and Families della Florida International University, esaminando gli effetti della musica sul comportamento di ragazzi affetti da disordine o deficit di attenzione e iperattività (ADHD). In una significativa percentuale di casi le prestazioni dei soggetti sono migliorate e aumentate durante l'ascolto di musica. «Fondamentalmente, è una prova e un errore» ha spiegato Pelham «Se le prestazioni di un bambino migliorano dopo aver provato la musica per un periodo di tempo, allora è un buon indicatore che il bambino cade nel sottogruppo di bambini che traggono beneficio dalla musica. Se i genitori vogliono sapere se ascoltare musica aiuterà le prestazioni dei loro figli a scuola, dovrebbero provarlo. In psicologia, abbiamo ciò che chiamiamo studi sul soggetto sin-



golo”. Un altro esempio è dato dallo studio, condotto dalla fisica Karen Aplin dell’Università di Oxford insieme a Paul D. Williams, docente di scienze atmosferiche all’Università di Reading, che ha prodotto, dal 2011 al 2015, una serie di *paper* sull’influenza dei cambiamenti climatici nella produzione di musica classica orchestrale dell’occidente.

Dal barocco al contemporaneo, esaminando su una vasta scala temporale molteplici tipologie di fonti (spettacoli orchestrali, letteratura, registrazioni, incontri con musicisti professionisti e dilettanti) l’indagine è riuscita a stabilire una connessione tra i compositori e le condizioni climatiche dell’ambiente in cui si estrinseca la loro attività. Notevole esempio è la *Sinfonia delle Alpi* di Richard Strauss, che descrive un giorno in cui alcuni escursionisti si accingono a scalare una montagna, dall’inizio del loro viaggio all’alba, la sinfonia segue i paesaggi e i fenomeni naturali che gli scalatori incontrano, culminando in un temporale che improvvisamente si scatena sulla cima. La conclusione armonica segue il ritmo della narrazione, con la loro discesa al calare delle tenebre. I fenomeni meteorologici sono ben rappresentati nella *Eine Alpensinfonie* di Strauss, sia nelle singole sezioni che nella strumentazione scelta: sono aggiunte percussioni speciali per incrementare l’intensità dell’atmosfera nelle scene di tempesta. L’antropomorfizzazione ambientale, i cambiamenti climatici, le modificazioni dell’arredo naturale del pianeta che ci ospita, saranno dunque implicitamente incluse nella produzione musicale, influenzandone la linea narrativa, compositiva e armonica. Ma la scienza riesce a suonare anche “pesante”, come dimostrato da Jesse L. Silverberg nei laboratori del Dipartimento di fisica della newyorkese Cornell University, in uno studio sul movimento collettivo dei *moshers*, cioè coloro che “pogano” ai concerti di *heavy metal*. Nei *mosh pit*, letteralmente pozzi circolari che si creano a favore di spintoni lungo le pendici dei palchi *metal*, si è evidenziato come i partecipanti si muovano a caso, in collisione l’uno con l’altro in modo indiretto.

Qualitativamente, questo fenomeno assomiglia alla cinetica di particelle gassose, anche se i *moshers* sono

a propulsione autonoma, agenti che sperimentano collisioni dissipative. Da queste osservazioni nasce una domanda interessante: perché un sistema intrinsecamente non di equilibrio mostra caratteristiche di equilibrio? Il comportamento collettivo dei *moshers* rende i concerti di *heavy metal* un modello unico per studiare il movimento umano collettivo in modo affidabile, coerente ed etico. Studi di questo genere possono favorire la comprensione del movimento collettivo in situazioni di rischio quali rivolte, proteste e folle in preda al panico, portando a nuovi principi di progettazione della sicurezza architettonica che limitano il rischio di lesioni in occasione di estreme condizioni di raduni sociali. Alcuni studi cercano di applicare la scienza alla musica, altri invece cercano di mettere in musica la scienza. Una delle maggiori sfide nella biofisica e bioinformatica teorica è l’identificazione delle pieghe proteiche dai dati di sequenza.

Questa difficoltà può essere considerata come un problema di riconoscimento di *pattern*. Da ciò parte lo studio di Robert P. Bywater, ricercatore in biologia matematica del Francis Crick Institute, e di Jonathan N. Middleton, docente di teoria e composizione alla Eastern Washington University. Grazie a questa ricerca è stato possibile creare una mappatura *data-to-music* delle catene di amminoacidi, basata su un algoritmo di espansione proporzionale che ha trasformato i valori di amminoacidi in intervalli musicali. L’esplorazione dell’indagine puntava all’uso della sonificazione melodica per discernere modelli di dati che sono basati su determinate caratteristiche associate alle strutture proteiche: informazioni evolutive, propensioni chimiche e attributi fisici.

La percezione dei dati delle proteine attraverso la rappresentazione sonora può aiutare i ricercatori nel processo di riconoscimento di schemi e comprensione strutturale. Con un tale rapporto di complicità, scienza e musica sfatano i preconcetti occidentali più diffusi che vogliono le due discipline come totali sconosciute, figlie di un dislivello comunemente condiviso ove vi è una maggiore “utilità” della scienza rispetto alla musica.

Donne e scienza: sei storie dal secolo breve

Salvatore Marazzita

Uno stereotipo che echeggia ancora, nonostante i numerosi esempi del contrario, è che le donne siano meno portate agli studi scientifici rispetto agli uomini e maggiormente inclini ad intraprendere invece percorsi di studio umanistici. Che si tratti di uno stereotipo è evidente e si evince con chiarezza dalle numerose personalità scientifiche femminili che hanno attraversato la storia della disciplina, da Ippazia di Alessandria, a Rita Levi Montalcini, fino a Samantha Cristoforetti, solo per citare alcuni esempi.

Le storie di donne che sono entrate nel corso degli eventi scientifici sono quasi tutte del XX secolo, e tutte si possono definire come storie di coraggio. In un periodo in cui alle donne era riservato il ruolo sociale di casalinga e madre, cercare di entrare in un mondo accademico a stampo maschile, difficile e ostile all'universo femminile, altro non è che un atto di coraggio, di caparbità, di fine intelligenza. Il lavoro che queste donne hanno dovuto affrontare è allora doppio: lo studio della disciplina, quale si impone a qualsiasi studente, e lo scontro quotidiano in un ambiente notoriamente sfavorevole.

Per questo e altri motivi, Gabriella Greison, fisica, scrittrice e giornalista, nel libro *Sei donne che hanno cambiato il mondo*, le definisce "eroine". Dalla straordinarietà della loro esperienza rispetto al contesto storico, dalla loro capacità di rottura con l'imposizione culturale del periodo, dalla loro forza e sicurezza nasce la necessità di raccontare le loro vicende.

Greison si concentra in particolare su sei scienziate, che nell'arco di appena un cinquantennio sono riuscite a lasciare un segno tangibile nella ricerca scientifica, in particolare nella fisica. Si tratta di Marie Curie, Lise Meitner, Emmy Noether, Rosalind Franklin, Hedy Lamarr, Milena Maric. L'autrice si sofferma sul lato personale di queste grandi menti del '900, evidenziando il fatto che non sono poi così distanti da noi, ma posseggono, esseri umani, le debolezze, le manie, le preoccupazioni comuni a tutto i *sapiens*. Come non iniziare questo intreccio di racconti, che il libro rappresenta, con la punta di diamante delle donne nella scienza: Ippazia d'Alessandria, ancora oggi simbolo di libertà di pensiero e iniziatrice della storia della scienza

al femminile. Si prosegue poi con un excursus storico più recente per approdare finalmente al racconto di queste "sei stelle luminose nel buio del secolo breve".

La narrazione si dispiega alla maniera del romanzo, appunti personali dell'autrice trasportano il lettore in una metastoria della Greison alla ricerca delle sue paladine della scienza. Il tutto è impreziosito da efficaci e curiosi aneddoti sulla vita delle scienziate che, come si diceva, restituiscono la dimensione prettamente umana di queste donne straordinarie. Non si manca chiaramente di rimarcare la potenza teorica delle loro ricerche nel campo della fisica, le loro relazioni interpersonali, i loro momenti di vita più significativi. Questo offre la possibilità al lettore di immergersi nei tempi storici delle nostre protagoniste e il lavoro di scavo archeologico dell'autrice nell'esistenza di questi vissuti fa emergere anche i tratti dell'ambiente culturale nel quale ci si doveva muovere con tanta difficoltà.

Ad ogni storia è poi affiancato, all'inizio del capitolo, un brano musicale che dovrebbe rappresentare al meglio lo spirito della scienziata in questione: Madame Curie e i Sex Pistols, Rosalind Franklin e i Massive Attack, Hedy Lamarr e i Led Zeppelin, ad esempio. Legami interessanti, che sottolineano la volontà di raccontare una storia nella maniera più fresca possibile da parte dell'autrice, che sicuramente tende ad una buona pratica di divulgazione scientifica. Un libro non per addetti ai lavori ma per tutti coloro che hanno voglia di leggere delle belle storie, tanto più se si tratta di episodi veri che hanno avuto la capacità di cambiare le sorti della conoscenza dell'uomo.

Oggi la situazione negli ambienti accademici è notevolmente cambiata, ma rimane ancora un gap nei posti dirigenziali destinati a uomini e donne. Raccontare ancora una volta la storia di quelle donne che hanno deciso di lottare per le proprie passioni, per la propria realizzazione, per riuscire, a buon diritto, ad esplicitare al meglio la propria intelligenza è quindi necessario.

Sei donne che hanno cambiato il mondo
 GABRIELLA GREISON
 Bollati Boringhieri editore, 2017
 pp. 212, euro 15,00



Effetto serra, effetto guerra, ondate migratorie quale futuro di aspetta?

Salvatore Marazzita

Il mercato globale ha dei vantaggi che sfruttiamo quotidianamente, presenta dei benefici ai quali siamo completamente abituati: *e-commerce*, comunicazione veloce, circolazione delle informazioni e delle conoscenze. Ci sono poi i servizi che dipendono direttamente dalla natura, ai quali siamo legati per ragioni di pura sopravvivenza. Questo tipo di servizi si produce maggiormente nelle economie locali, ma ha effetti rilevanti a lungo raggio. Se si cominciano ad incrinare le economie, soprattutto nei Paesi fragili, si corre il rischio di compromettere un intero sistema, fatto di relazioni tra i molti Paesi che formano la nostra globale economia. Ragionare globalmente consente allora di intessere legami tra cause ed effetti che possono apparire lontani nel tempo e nello spazio. Ogni accadimento globalmente inteso offre le facce a possibili sguardi analitici, quello dei fenomeni migratori di massa e dei conflitti odierni, non fa certamente eccezione. Il tentativo di tracciare questi collegamenti è arduo ed ha richiesto lo sforzo intellettuale di un analista diplomatico, Grammenos Mastrojeni, e di un fisico del clima, Antonello Pasini. In *Effetto serra, effetto guerra*, gli autori si collocano da un punto di vista inedito, quello del clima.

Il libro si apre con "un po' di teoria" sul clima. L'intento è quello di delineare scientificamente ciò che sappiamo in modo certo sui cambiamenti climatici. Le evidenze, in barba agli ultimi dei negazionisti, sono innegabili. L'innalzamento della temperatura di pochi gradi sembrerebbe non dover comportare grandi sconvolgimenti, eppure è così. Osservare il solo dato della temperatura che aumenta sarebbe fuorviante, in realtà questo è indice di uno sconvolgimento dell'intero sistema climatico, cioè del fatto che esso non è più in equilibrio, ma in disordine, in grado quindi di cambiare repentinamente da un estremo all'altro.

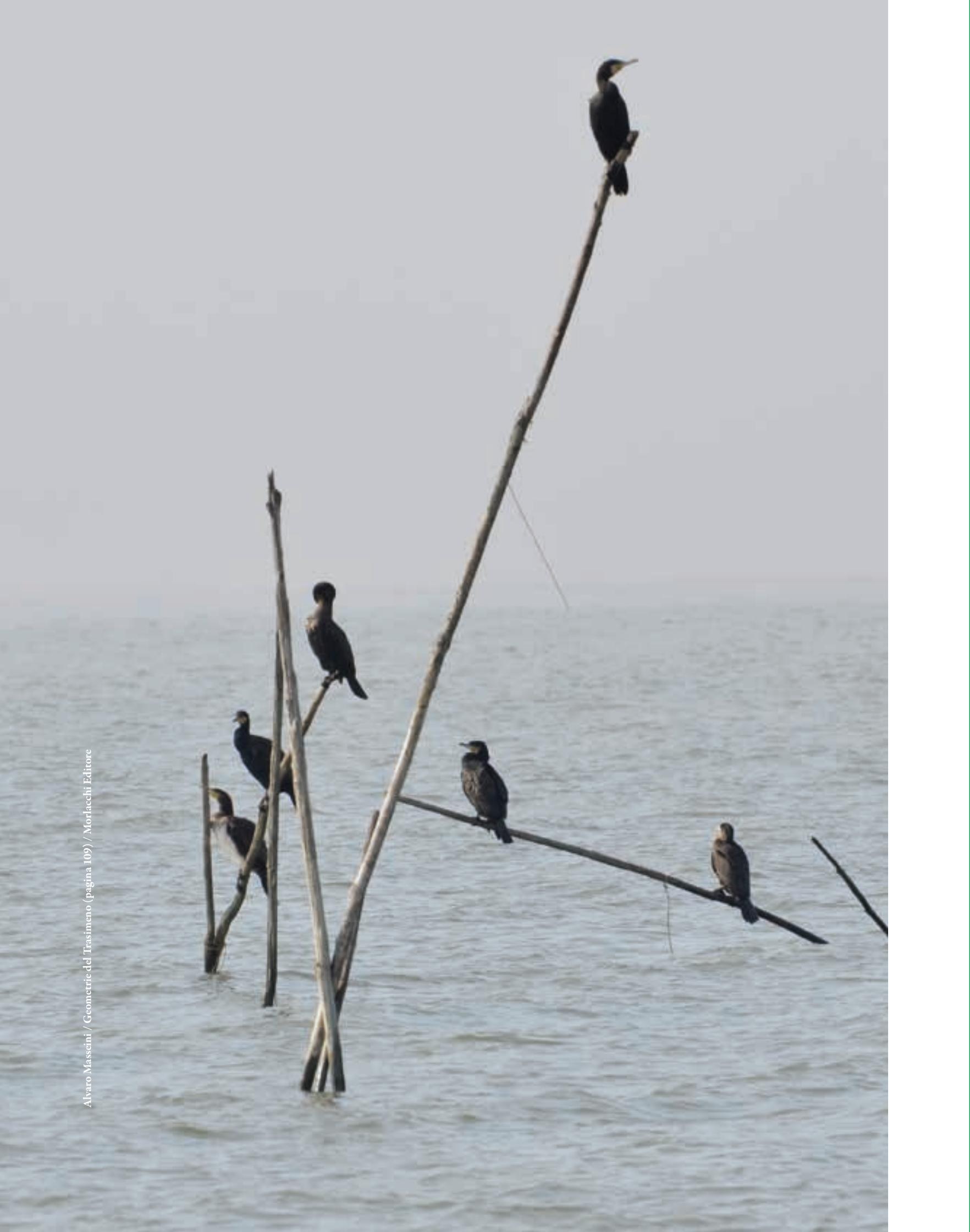
L'analisi procede nel mostrare come le aree in cui si sviluppano grandi spostamenti di persone abbiano degli elementi in comune: il cambiamento del clima, l'avanzare della desertificazione e il conseguente indebolimento delle società fragili e delle loro economie. Queste le possibili cause che sortirebbero come effetto la necessità di uno

spostamento della popolazione verso altri territori, meno estremi dal punto di vista climatico, economico e sociale. Non troppo indirettamente è legato al clima lo scaturire di disordini e disagi che portano con sé l'ombra dei fanatismi terroristici. Oggi si contano molte aree del mondo in cui il cambiamento climatico ha innescato, catalizzato o accelerato una serie di conflitti che potrebbero essere alla base di quelle derive estremistiche che giungono fino a noi. In questo scenario, che sembrerebbe concentrarsi proprio nel nostro mar Mediterraneo, l'Italia, ponte di collegamento con l'Europa, si trova a dover fronteggiare ondate migratorie di difficile gestione. Tutti questi mutamenti, se proiettati in un futuro prossimo, potrebbero disegnare scenari che difficilmente possiamo immaginare di saper gestire.

Gli autori dedicano una parte del libro a questo tipo di proiezioni, senza ovviamente fornire la certezza di cosa accadrà, sarebbe impossibile, ma stabilendo la direzione verso cui ci si sta muovendo velocemente. È necessario allora mantenere un equilibrio climatico, che si traduca inevitabilmente in un equilibrio socio-politico. Fornire una soluzione univoca ad un problema di tale complessità, che concerne un gran numero di cause, non sarebbe pensabile. Si può invece, nelle parole degli autori, tentare diversi fronti di azione: mitigare le emissioni nazionali, "decarbonizzare" l'economia, preparare il territorio agli impatti dei cambiamenti climatici, pensare al peso che le scelte ambientali hanno anche fuori dal territorio. Queste indicazioni andrebbero in direzione di una politica che consideri in maniera razionale il problema del cambiamento climatico, che scopriamo configurarsi come principio di disagio e disordine dell'intero pianeta.

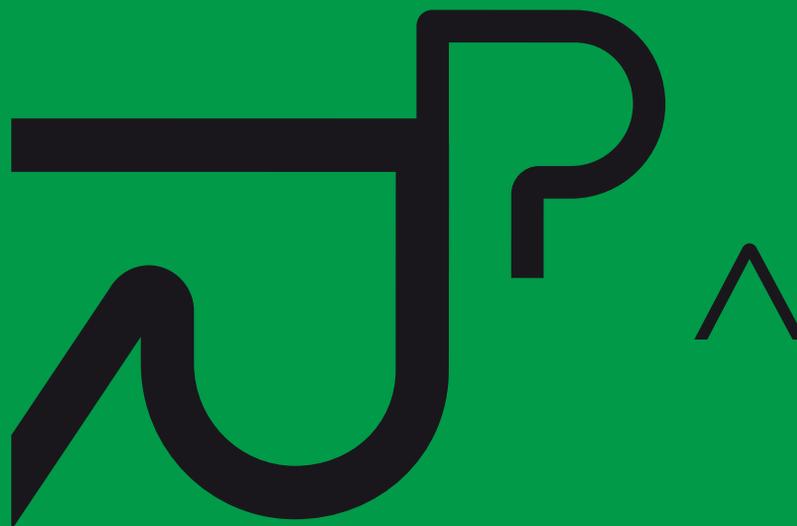
Effetto serra effetto guerra
GRAMMENOS MASTROJENI, ANTONELLO PASINI
Chiarelettere Editore, 2017
pp. 168, euro 15,00







controllo prevenzione protezione dell'ambiente



Hanno collaborato a questo numero:

Marco Cherin
Dipartimento di Fisica e Geologia

Alessandra Cutrì
Storica della linguistica

Pietro Greco
Giornalista scientifico

Cristina Da Rold
Giornalista Scientifica

Salvatore Marazzita
Comunicatore della scienza

Grammenos Mastrojeni
Analista e diplomatico

Cristiana Pulcinelli
Giornalista Scientifica

Valentina Spasaro
Comunicatore della scienza

Claudia Sorlini
Università degli Studi di Milano

In questo numero della rivista abbiamo pubblicato le immagini tratte dal libro Geometrie del Trasimeno di Alvaro Masseini. Tale scelta è ispirata dalla creazione sull'isola Polvese da parte di Arpa Umbria di un Centro studi sul "Cambiamento Climatico e Biodiversità in ambienti lacustri e zone umide", una istituzione di livello internazionale che si pone l'obiettivo di studiare le variazioni della biodiversità in un contesto come il Trasimeno definito da particolari condizioni geologiche, climatiche, storiche e ambientali.

