

ambiente rischio comunicazione

Quadrimestrale di analisi e monitoraggio ambientale

numero 10
novembre 2015

ESTINGUERSI O EVOLVERE?

amra

■ analysis and monitoring of environmental risk

In questo numero:

ESTINGUERSI O EVOLVERE?

Editoriale

Ugo Leone

L'Apocalisse? C'è già stata

Giulio Gioiello

La Sesta Estinzione di Massa

Telmo Pievani

La fine di Atlantide e l'origine dei popoli civilizzati

Marco Ciardi

Ecologia microbica

Donato Greco

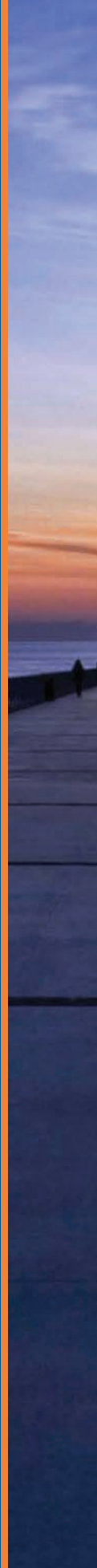
I due volti della catastrofe

Pietro Greco

I numeri precedenti:

**RISCHIO SISMICO
GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI
DISSESTO IDROGEOLOGICO
DECIDERE NELL'INCERTEZZA
CHE SUCCEDA AI CAMPI FLEGREI?
RIFIUTI SPECIALI
BONIFICA DI SITI CONTAMINATI
LA COMUNICAZIONE DEL RISCHIO
NO RISK NO ENERGY**

Tutti i numeri di *Ambiente Rischio Comunicazione* possono essere scaricati gratuitamente dai siti www.amrcenter.com e www.doppiavoce.it.



**Ambiente
Rischio
Comunicazione**

Quadrimestrale
di analisi e monitoraggio
ambientale

Direttore scientifico
Paolo Gasparini

Direttore responsabile
Ugo Leone

Comitato editoriale
Umberto Arena, Attilio Belli,
Paolo Capuano, Lucia
Civetta, Paolo Gasparini,
Maurizio Giugni, Pietro
Greco, Iunio Iervolino,
Tullio Jappelli, Ugo Leone,
Gaetano Manfredi, Aldo
Zollo

Segreteria di redazione
Lucia Malafronte

Editore
Doppiavoce
via Monte di Dio, 5
80132 Napoli
tel./fax 081 7648720
www.doppiavoce.it
dv@doppiavoce.it
*redazione, progetto grafico,
impaginazione*

Stampa
Officine Grafiche Francesco
Giannini & Figli S.p.A.
via Cisterna dell'Olio 6/B
80134 Napoli

Registrazione n. 72
del 28 settembre 2011
presso il Tribunale di Napoli

ISSN 2240-1520

Iscrizione al ROC n. 21632

Finito di stampare nel mese
di novembre 2015

AMRA
Via Nuova Agnano, 11
80125 Napoli
tel. 081 7685125
www.amrcenter.com
info@amrcenter.com

Sommario

**numero 10
novembre 2015**

ESTINGUERSI O EVOLVERE?

Editoriale <i>Ugo Leone</i>	2
L'Apocalisse? C'è già stata <i>Giulio Giorello</i>	6
La Sesta Estinzione di Massa <i>Telmo Pievani</i>	8
La fine di Atlantide e l'origine dei popoli civilizzati <i>Marco Ciardi</i>	17
Ecologia microbica <i>Donato Greco</i>	23
I due volti della catastrofe <i>Pietro Greco</i>	31
Gli autori	36

Editoriale

Ugo Leone

Lettera alla Signora Gro Harlem Brundtland

Gentile Signora Brundtland, sono trascorsi poco meno di 30 anni da quando nel 1987 la Commissione da Lei presieduta redasse il rapporto *Our Common Future* nel quale conio in modo intelligente e preciso la definizione di sviluppo sostenibile come quello sviluppo da realizzare in modo tale da soddisfare «i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri».

Da allora molti hanno fatto un uso e un abuso perfino offensivo del Suo lavoro e di questa definizione. Ma oggi una ancor più complessa situazione costituisce un ostacolo alla realizzazione degli obiettivi di quel concetto: il rischio di una sesta estinzione che, provocando la scomparsa dell'umanità, renderebbe evidentemente impossibile la sostenibilità dello sviluppo per le generazioni future data la presumibile, temuta, loro inesistenza.

Le sono, comunque, grato di averci avvertito e indicata una strada.

* * *

Questo numero di *Ambiente Rischio Comunicazione* dedica la sua riflessione al rischio che l'umanità possa andare verso un'estinzione della quale sarebbe, ad un tempo, causa e vittima.

Sarebbe la sesta. Quella abbastanza nota è l'ultima: quella che fece scomparire i dinosauri 65 milioni di anni fa. Perché? Italo Calvino risponde che «misteriose restano le cause della rapida estinzione dei Dinosauri che si erano evoluti e ingranditi per tutto il Triassico e il Giurassico e per 150 milioni d'anni erano stati gli incontrastati dominatori dei continenti. Forse furono incapaci di adattarsi ai grandi cambiamenti di clima e di vegetazione che ebbero luogo nel cretaceo. Alla fine di quell'epoca erano tutti morti».

Tutti? «Tutti tranne me – precisò Qfwfq» che è il protagonista della deliziosa cosmicomica di Italo Calvino *I dinosauri*.

Ce ne sono state dunque cinque di estinzioni e magari non proprio tutti i “componenti” sono scomparsi, come è il caso di Qfwfq che ha addirittura avuto un figlio (ne parla solo Calvino e nemmeno Jurassik Park ne fa cenno) da Fior di Felce: «una mulatta piacente, appena un po' ingrassata».

La caratteristica di ciascuna estinzione è che alle crisi che le avevano determinate seguì sempre un periodo, come lo definisce Danilo Mainardi, di “rigoglio evolutivo” favorito dalla scomparsa della causa che le aveva prodotte. Ebbene, e questo è il punto, l'estinzione verso la quale l'umanità starebbe andando si differenzia dalle precedenti per un motivo importante: per la prima volta nella storia della vita è la specie umana

la causa della crisi. Di conseguenza se il successivo “rigoglio evolutivo” si otterrebbe con la scomparsa delle cause che l’avevano prodotta, questa scomparsa riguarderebbe la specie umana. Insomma è come se la nostra specie stesse organizzando il proprio suicidio.

In perfetta sintonia con queste preoccupazioni, anche sociologi ed economisti attenti ai problemi dell’impatto ambientale delle azioni umane hanno affrontato il problema con gli stessi termini, sia pure da versanti diversi:

«Stiamo vivendo la sesta estinzione della specie – ha scritto, ad esempio, Serge Latouche – la quinta era quella che ha visto scomparire i dinosauri, ma questa volta l’uomo ne è direttamente responsabile e ne sarebbe con tutta probabilità vittima». Vittima per l’incapacità di vedere lontano e di maturare una prospettiva utile in primo luogo per se stessi. Il sociologo francese fa riferimento anche a un rapporto secondo il quale «il cancro si sviluppa sempre di più a causa dell’inquinamento ambientale. Ma, a proposito di fine della specie, quello che è più interessante è l’effetto dei pesticidi sulla fertilità maschile. Per esempio gli uomini di molti villaggi del Messico sono stati colpiti da sterilità. E gli esperti hanno calcolato che se continuiamo su questa strada nel 2060, una data che non è così lontana, tutta l’umanità potrebbe essere colpita dalla sterilità, incapace dunque di riprodursi. È questa dunque la sesta estinzione della quale parlavo, quella della specie umana determinata da noi stessi».

Latouche fa poi un elenco allarmante, ma quanto mai realistico, dello scenario attuale: «Si sa che dopo alcuni decenni di spreco frenetico delle risorse naturali siamo entrati in un’epoca di tempeste in senso proprio e in senso figurato e l’elenco delle catastrofi passate, presenti e future è ormai lungo: si va da Chernobyl alla “mucca pazza”. Il disordine climatico si accompagna alle “guerre

per il petrolio” e già sono annunciate le “guerre dell’acqua”. Senza dimenticare le possibili catastrofi determinate dalla biogenetica». Per tutte queste ragioni il concetto di “decrescita”, in aperta contrapposizione anche con quello di “sviluppo sostenibile” non è più pura utopia, ma una necessità della quale politici ed economisti dovrebbero cominciare a discutere piuttosto che fare finta di nulla vista l’enormità della sfida.

«E di sfida si tratta perché siamo tutti colpiti da una schizofrenia collettiva. Sappiamo tutti ormai che, continuando così, andiamo a sbattere la testa contro un muro, e al medesimo tempo non vogliamo prendere atto del dramma e soprattutto non vogliamo cambiare il nostro modo di vivere». Prende, poi, spunto Latouche, da queste riflessioni per motivare la critica allo sviluppo e rilanciare il suo concetto di decrescita. Ma questo è un altro discorso.

Personalmente non credo alla sesta estinzione, al suicidio dell’umanità, ma, molto più ottimisticamente, al sopravvento del principio di conservazione; tuttavia è importante riflettere sulle cause e sul modo in cui si potrebbe uscire da questo pericolo. Un modo, peraltro, che a seconda di come e da chi gestito, potrebbe essere causa di un ulteriore inasprimento degli attuali già gravi divari planetari. Il rischio, insomma, potrebbe essere che si possa determinare non la fine dell’umanità ma l’estinzione progressiva della parte più debole ed emarginata.

Le migliaia di morti, in mare e in terraferma, delle centinaia di migliaia di persone che dall’Asia e dal Nord Africa tentano di trovare rifugio e lavoro in Europa ne è un esempio le cui dimensioni si vanno continuamente ampliando.

Questo numero di *Ambiente Rischio Comunicazione* dedica la sua riflessione al rischio che l’umanità possa andare verso un’estinzione che potrebbe essere seguita da un “rigoglio evolutivo” che

non avrebbe spettatori umani e quindi sarebbe priva di esseri animati capaci di descriverlo e raccontarlo.

Lo facciamo con la collaborazione di saggisti che avevano già portato avanti e stanno portando avanti la riflessione su questo tema e su tematiche molto affini. Per esempio Giulio Giorello (che ci ha concesso la riproduzione del suo articolo sul *Corriere-La Lettura* 18/11/2012) il quale chiedendosi dell'Apocalisse risponde che c'è già stata e che più volte la Terra ha conosciuto enormi estinzioni di massa ma ora la catastrofe potrebbe avvenire per mano dell'uomo. Per esempio Telmo Pievani che ne ricostruisce cause, effetti e "proiezioni" future. Ricordando che «l'estinzione di massa del Permiano è quasi inimmaginabile: è la madre di tutte le estinzioni di massa. Non oltre il 10% delle specie è riuscita a sopravvivere. Da questa piccola percentuale, fu ricostruita l'intera biodiversità, in un lento processo di ripresa che, secondo Benton, si è realizzato forse in 100 milioni di anni. L'albero della vita subì una potatura radicale: il 90% dei rami vennero tagliati, in tutte le nicchie ecologiche e in tutti i settori degli esseri viventi». Per esempio Marco Ciardi il quale, tutto sommato, apre alla speranza dei sopravvissuti all'estinzione come dopo la fine di Atlantide. E, d'altra parte, come scrive Pietro Greco alle catastrofi noi *homo sapiens* dobbiamo tutto se appena ci fermiamo a ricordare che «il Big Bang è stato il più grande e creativo evento catastrofico di cui abbiamo notizia». È vero anche, come avverte Donato Greco, che «L'estinzione è una parte fondamentale della natura – più del 99% di tutte le specie mai vissute sono ormai estinte». Ma quelli che non vogliono sapere di estinguersi sono i microbi apportatori di malattie ed epidemie. Per cui, conclude, «appare evidente che bisogna bene aprire gli occhi: aumentare molto considerevolmente la capacità di osservare, studiare il mondo dei microbi».

E non solo questo mondo. È l'intera Terra: il suo ambiente e il rischio di mutamenti irreversibili nella sua vivibilità che va osservato, studiato e, finalmente reso di nuovo vivibile.

Ma, come conclude Pievani, «il paradosso dell'*Homo sapiens*, come causa della sesta estinzione di massa è difficile da risolvere per due motivi: uno politico, cioè la mancanza di coordinamento internazionale; e l'altro psicologico, cioè la mancanza di capacità di previsione. Una singola nazione può fare ben poco se le altre non collaborano. Le dinamiche ecologiche non rispettano la stretta tempistica delle campagne elettorali e le leggi della popolarità, possono quindi improvvisamente venire meno i servizi forniti dall'ecosistema. Realizzare una buona pratica di conservazione oggi porterà i suoi frutti tra almeno un paio di generazioni. Certo, non è facile investire soldi e prendere un impegno etico in favore di qualcuno che ancora non esiste, ma dobbiamo armarci di fantasia e cercare di farlo. Dopotutto, potrebbe essere un modo intelligente per marcare ciò che ci differenzia dai dinosauri».

Tutto ciò da un punto di vista prettamente antropocentrico. Se giriamo l'osservazione dalla parte degli animali le cose cambiano radicalmente. Ce lo dimostra il caso di Chernobyl che non pochi scienziati stanno prendendo in considerazione. Sta accadendo, infatti che in quest'area dell'Ucraina drammaticamente colpita dall'incidente nucleare del 1986, 116.000 residenti furono costretti ad andar via. Ora, secondo *Current Biology*, l'abbondanza di cervi, cinghiali, capriole, lupi e altri mammiferi dimostra che lo spopolamento umano ha favorito la fauna selvatica. Il che porta a concludere che la presenza umana con la caccia, l'agricoltura e la silvicoltura ha sull'ambiente e le sue componenti animali un impatto più forte delle radiazioni nucleari.



— Su, non fare così... se non esci con gli amici per una sera non è la fine del mondo!

Da *La Settimana Enigmistica* n. 4361 del 22 ottobre 2015.

È quanto sostiene anche l'etologo prof. Enrico Alleva presidente della Federazione di scienze naturali e ambientali, il quale in un'intervista a *Repubblica* dell'8 ottobre 2015 (*Se l'uomo si allontana la natura rifiorisce*) ricorda che «quando gli uomini abbandonano zone coltivate, lasciano agli animali un'esplosione di risorse. Le viti o gli alberi da frutto producono certo di meno senza la cura degli agricoltori, ma lasciano i loro prodotti agli animali. Uccelli e roditori se ne nutrono, favorendo così i serpenti che sfamano a loro volta i rapaci». È quello che è successo, appunto, a Chernobyl da dove, però, i 116.000 residenti se ne sono andati perché costretti dal disastro nucleare e non per libera scelta. Contrariamente a quanto avviene

in buona parte del nostro Appennino. Qui come anche nelle zone alpine, Alleva nota che «quando l'uomo va via, il bosco si espande. Gli scoiattoli sotterrano le ghiande e poi le dimenticano. Idem fanno le ghiandaie. Gli alberi crescono, a meno che il capriolo con i suoi denti a scalpello non li mangi da piccolo. E anche altre specie come lupi e cinghiali aumentano di numero».

In questi casi gli animali, ma anche le piante potremmo aggiungere, non stanno facendo altro che aspettare la sesta estinzione – quella degli essere umani – per il loro rigoglio evolutivo.

Qui sta la scelta dell'umanità: estinguersi o evolvere?

L'Apocalisse? C'è già stata

Giulio Giorello

Il terzo angelo suonò la tromba, e cadde dal cielo una grande stella, ardente come una torcia, e colpì un terzo dei fiumi e le sorgenti delle acque. Il suo nome era Assenzio». Così l'Apocalisse di Giovanni. Ed ecco quella maya (nella reinterpretazione di Tullio Bologna in uno dei ventiquattro racconti di *Apocalissi 2012*, curato da Gianfranco de Turreis per Bietti): «Una mano enorme e dalle dita affusolate s'era all'improvviso materializzata in cielo e, afferrato il Sole tra il pollice e l'indice, l'aveva spento come la fiammella d'una candela, portando l'oscurità ovunque».

Che cosa accomuna queste Storie della Fine? Paradossalmente, che il mondo *non* finisce: per l'apostolo cristiano (o chi per lui) a un'umanità rigenerata si dispiegano «un nuovo cielo e una nuova terra»; quanto ai Maya, tormentati da «un ambiente reso ostile dal clima e dalla scarsità di risorse, il Tempo era un Dio e si ripeteva ciclicamente per l'eternità». Lo scrive Mario Tozzi (*Pianeta Terra ultimo atto*, Rizzoli), il quale aggiunge che l'ultimo ciclo, relativizzato al nostro calendario, «era iniziato l'11 dicembre del 3114 a.C. e sarebbe terminato il 21 dicembre del 2012, dopo 5125 e passa anni astronomici».

I Maya si limitavano ad applicare un modello numerico, immaginando che in passato gli altri cicli fossero tutti terminati in modo catastrofico. A rigore «non esistono profezie maya: le congetture le abbiamo fatte noi».

Anche la nostra civiltà potrebbe, se non finire, essere drasticamente sconvolta da

qualche enorme disastro, dovuto magari agli effetti perversi dello stesso successo tecnologico e amplificato dalle caratteristiche fisiche del nostro globo. Come ha scritto il vulcanologo Bill McGuire (*Guida alla fine del mondo*, Raffaello Cortina, pp. 168), noi che viviamo «su uno dei più attivi corpi del sistema solare, dobbiamo sempre ricordare che esistiamo e prosperiamo solo per un fortuito caso geologico. Studi recenti sul Dna umano hanno rivelato che la nostra specie è arrivata a un pelo dell'estinzione a causa dell'ultima supereruzione 73.500 anni fa, e se fossimo stati in circolazione già 65 milioni di anni fa, quando un asteroide di 10 chilometri di diametro colpì la Terra, saremmo scomparsi insieme con i dinosauri».

Tozzi, da buon geologo, sottolinea che il destino dei dinosauri potrebbe toccare proprio a noi e in tempi più brevi di quanto usualmente non ci si aspetti. In questo suo nuovo libro immagina che l'ultimo uomo, rintanatosi in un rifugio sotterraneo, descriva le fasi che hanno fatto sì che la radioattività – poco importa se dovuta a un conflitto nucleare o a semplici incidenti nelle centrali – abbia reso invivibile il pianeta. Il mito della caduta dei cieli copre semplicemente la superbia dell'uomo che crede di incarnare il senso ultimo dell'Universo. Un orgoglio patetico: «Conosciamo le conseguenze del nostro assurdo stile di vita, ma perseveriamo ottusamente a replicarlo. Nel frattempo, continuiamo a lasciarci suggestionare da scenari di rovina roboanti e poco probabili».

Dopo l'apologo Tozzi elenca varie di queste «bufale», di cui la pretesa profezia maya è solo l'ultimo esempio: ci lasciamo abbindolare da tutto nell'età dell'informazione e del Terzo Millennio, non molto diversamente da come capitava nell'«oscuro Medioevo dell'anno Mille», all'epoca di Brancaleone di Norcia e della sua armata. Ma allora ci si aspettava il segno dello «scatenarsi di Satana» con qualche scusante, mentre gli attuali fanatici dell'Apocalisse approfittano delle reti editoriali e telematiche per sostituire la credulità alla fede.

Chissà se finiremo all'inferno, si chiede a sua volta Telmo Pievani, storico e filosofo delle scienze della vita, e lo troveremo popolato dei tanti profeti di sventura a buon mercato. Sorte terribile, perché costoro, in fondo, non sono che tipi «incredibilmente noiosi», nel riproporre invariabilmente i soliti raggiri senza alcuna possibilità di controllo scientifico: «Esiti imprevisti di esperimenti alle alte energie; presunti effetti moltiplicativi improvvisi nella biosfera intesa come "sistema complesso"; virus informatici; nanomacchine che si autoriproducono; bolle di universi paralleli in espansione; annichilazione da parte di extraterrestri; e persino l'eccesso di relativismo etico».

Da attento lettore di Darwin, Pievani ricorda l'insegnamento del grande naturalista per cui «l'estinzione di una specie non deve sorprenderci più di quella del singolo», anche se si tratta di un lentissimo processo di degenerazione graduale nel tempo geologico. Ammiratore e collaboratore di darwiniani eterodossi come Stephen Jay Gould e Niles Eldredge, Pievani mette però l'enfasi soprattutto sulle estinzioni di massa, magari innescate da bruschi cambiamenti ambientali, come sarebbe stato appunto per i dinosauri, vittime di una violenta modificazione del clima, dovuta all'impatto di un asteroide caduto nella penisola messicana dello Yucatán (guarda caso «la terra dei Maya!»), almeno se hanno ragione Luis e Walter Alvarez.

Se queste sono davvero «Apocalissi», la ragione è che la fine di tante specie indica un nuovo inizio per altre forme di vita. Ma prima che gridi facilmente vittoria il mammifero «più prepotente di tutti», come lo chiama Luigi Luca Cavalli-Sforza, cioè l'uomo, non bisogna dimenticare che oggi è proprio la presenza di *Homo sapiens* a minacciare una nuova, vastissima estinzione di massa, e che forse gli esseri umani stanno segando un ramo dell'albero dell'evoluzione su cui sono metaforicamente seduti. Qui il filosofo Pievani e il geologo Tozzi concordano.

E poi siamo proprio sicuri che questa o quella Apocalisse riguardi il futuro? «La fine del mondo c'è già stata, e molte volte», scrive ancora Pievani. E conclude, da illuminista contemporaneo, che è «grazie a queste deviazioni della storia che noi siamo qui, ora, a scriverne». Le grandi catastrofi che marcano le ere geologiche «sono state come incendi nella foresta che spazzano via il sottobosco vecchio, e liberano spazio per future diversificazioni». E se l'intero genere umano finisce «bruciato» per colpa di qualche asteroide o si scoprirà addirittura – come Tozzi teme – che il vero «asteroide killer» siamo noi stessi, non ci sarà probabilmente nessun rifugio da cui contemplare la vita nuova che sgorgherà dal disastro.

Come diceva un vecchio filosofo, tutto quel che esiste è degno, prima o poi, di perire. E se anche l'umanità scampasse alle trappole che si fabbrica violentando l'ambiente in cui prospera, facendo invece un uso accorto delle grandi risorse messe a disposizione dall'impresa tecnico-scientifica, sappiamo comunque dall'astrofisica che il nostro sistema solare collasserà più o meno tra cinque miliardi di anni, e forse resterà in questa «piccola» porzione di Universo nient'altro che quella «profondissima quiete» di cui trattava il più disincantato dei poeti, Giacomo Leopardi.

La Sesta Estinzione di Massa

Telmo Pievani

Una predizione corretta, sfortunatamente

Grandi evolucionisti ed esperti di biodiversità come Edward O. Wilson e Niles Eldredge lo avevano scritto vent'anni fa: considerando i ritmi vertiginosi della scomparsa delle specie indotti dalle attività umane negli ultimi secoli, la biosfera sta attraversando una "estinzione di massa", cioè una catastrofe su scala globale. Per la precisione la "Sesta Estinzione di Massa", dato che nel lontano passato geologico se ne sono registrate almeno cinque, le cosiddette Big Five, grandi ecatombi causate da super eruzioni vulcaniche, da oscillazioni climatiche e cambiamenti nella composizione dell'atmosfera, da impatti di asteroidi sulla terra, o da un intreccio di questi fattori. L'ultima è quella che 65 milioni di anni fa spazzò via buona parte dei dinosauri (tranne uno sparuto drappello che si è poi evoluto negli uccelli) e quasi due terzi di tutti gli altri esseri viventi. Per velocità di impatto e mortalità (sostennero Wilson e colleghi) l'estinzione prodotta dall'uomo oggi non ha nulla da invidiare alle precedenti.

Nel 1992 il paleoantropologo Richard Leakey e lo scrittore Roger Lewin l'hanno chiamata la "Sesta Estinzione di Massa", il sequel del Big Five, denunciando la distruzione della biodiversità (principalmente grossi mammiferi) in Africa [1]. Le prime conferme vengono

da due studi pionieristici proposti, rispettivamente, da Robert May e Stuart Pimm [2, 3]. Se mettiamo a confronto le percentuali e i totali delle specie estinte durante le estinzioni di massa nel corso degli ultimi secoli, si nota una tendenza molto simile.

Ma quali prove abbiamo che gli umani oggi sono responsabili di una nuova estinzione di massa?

La tesi era fondata su statistiche imprecise e molti l'accosero come una provocazione esagerata, un cedimento al catastrofismo. Dopotutto si stima che la Terra sia abitata da almeno cinque milioni di specie. Molti studi, comunque, cominciarono ad utilizzare l'etichetta "Sesta Estinzione di Massa" (sugli anfibi: [4]). Nel 2010 Hoffmann et al. [5] riportarono percentuali allarmanti relative all'estinzione di anfibi, coralli, molluschi di acqua dolce, squali in aggiunta a mammiferi, rettili e uccelli.

Nel 2011 accade però che un team internazionale di Berkeley, guidato da Anthony D. Barnosky, verifica le stime di estinzione, integra i dati paleontologici con quelli attuali, considera tutte le cautele del caso e giunge a una conclusione, alquanto preoccupante, pubblicata su *Nature*: la sesta estinzione di massa non è ancora in corso, ma ci manca poco e stiamo facendo di tutto per arrivarci.

Il titolo dell'articolo su *Nature* è: *La sesta estinzione di massa è già arrivata?*

I tassi di estinzione (22% per i mammiferi, 47-56% per i gasteropodi e bivalve)

superano di molto quelli registrati per le cinque più grandi estinzioni del passato. Siamo dunque sulla strada di una estinzione di massa, con tassi che accelerano: «I nostri risultati confermano che i tassi di estinzione correnti sono superiori a quanto ci si aspetterebbe dai reperti fossili». La Terra potrebbe raggiungere i tassi massimi della quinta estinzione di massa entro pochi secoli se non si provvede a mitigare le minacce rivolte a molte specie [6]. Gli umani possono infatti sterminare più specie degli asteroidi o delle eruzioni vulcaniche.

Nel luglio del 2014 un'ulteriore conferma è stata pubblicata su *Science* e ora le statistiche stanno diventando sempre più realistiche.

Secondo i più raffinati calcoli del gruppo di Rodolfo Dirzo, del dipartimento di biologia di Stanford, gli impatti umani sulla biodiversità animale sono diventati oggi una forma di cambiamento ambientale globale che ben presto avrà ripercussioni sulla nostra salute.

Il nostro pianeta non è più lo stesso. L'analisi questa volta non riguarda solo la scomparsa di intere specie, ma anche gli andamenti locali delle popolazioni negli ultimi decenni. Più di trecento specie di vertebrati terrestri si sono estinte dal 1500 a oggi, altre centinaia sono in via di estinzione (circa un terzo del totale) e per tutte, mediamente, si assiste a un calo del 28% nelle popolazioni. Quasi tutti i grandi mammiferi hanno perso almeno la metà della loro specie. Va ancora peggio per gli invertebrati, due terzi dei quali hanno subito un declino del 45% negli ultimi quarant'anni. Gli insetti, per noi icona di diversità e di resistenza, si associano al crollo: un terzo sono in calo; farfalle e falene sono diminuite del 35%; per api e coleotteri va anche peggio [7].

Perdiamo complessivamente ogni anno dalle 11.000 alle 58.000 specie, concentrate soprattutto nelle regioni tropicali (ciò che ha ricavato Edward O. Wilson

nel 2003 è 30.000 specie all'anno, una media delle cifre sopra indicate [8]). Si perde una specie ogni venti minuti.

Estinguiamo specie che nemmeno abbiamo fatto in tempo a classificare. Il raggelante termine tecnico coniato per questo fenomeno da Rodolfo Dirzo su *Science* è “de-faunazione dell'Antropocene”: stiamo “defaunando” il pianeta. Entra così nel gergo scientifico il nome finora informale proposto da Paul Crutzen nel 2002 di Antropocene, dato all'epoca “geologica” attuale in cui una specie sola, l'*Homo sapiens*, è riuscita in una manciata di secoli ad alterare la composizione gassosa dell'atmosfera e a trasformare la superficie del pianeta [9]. Questa storia di scienza, e di previsioni pessimistiche troppo a lungo ignorate o rimosse, è adesso raccontata in modo appassionante e documentato dalla giornalista del *New Yorker* Elizabeth Kolbert, in *La sesta estinzione. Una storia innaturale*, che ha vinto nel 2015 il premio Pulitzer per la saggistica [10].

Con un certo ritardo, il tema è finalmente finito in prima pagina nel campo della scienza. Dalle specie più carismatiche, come leoni, rinoceronti, scimmioni ed elefanti (la cui estinzione procede a ritmi preoccupanti) alle rane di piccola dimensione (gli anfibi sono ancora i più suscettibili, con il 41% di specie a rischio) la perdita totale di specie animali altera la struttura e la funzione degli ecosistemi su cui è basato il nostro benessere. Dal momento che non paghiamo i servizi offerti dall'ecosistema, siamo spesso inconsapevoli dei costi reali per mantenerli. Con la scomparsa di migliaia di specie ogni anno, gli ecosistemi stanno diventando sempre meno efficienti nell'assicurare i servizi come la depurazione delle acque, il ciclo dei nutrienti e la manutenzione del terreno. La variabilità genetica delle popolazioni e delle specie è il motore dell'evoluzione, un'assicurazione gratuita contro le malattie e gli attacchi da agenti patogeni. Nell'Antropocene si sta

perdendo la diversità genetica [11]: interventi a posteriori potrebbero essere molto più costosi. Ad esempio, il 75% delle colture alimentari mondiali dipende dagli impollinatori. L'estinzione di popolazioni di pipistrelli, predatori naturali di parassiti potrebbe causare un ingente danno economico. Siamo commossi per l'estinzione delle tigri, dei rinoceronti e dei panda, ma è la crisi silenziosa degli invertebrati e della microfauna invisibile che ci dovrebbe preoccupare di più. Abbiamo concentrato le nostre preoccupazioni sugli effetti dell'estinzione, ma per quanto riguarda le cause?

Homo sapiens, una “tempesta perfetta”

Secondo i dati più recenti, considerando le cause geofisiche della perdita di biodiversità il confronto tra la sesta estinzione di massa e il Big Five potrebbe essere esatto.

Seguendo il modello del team di Gerta Keller di Princeton [12] riguardo i molteplici fattori convergenti che causarono l'estinzione alla fine del Cretaceo, una teoria per le estinzioni di massa si basa sull'idea che questi modelli macroevolutivi potrebbero essere non prodotti da una sola causa catastrofica, ma da un mix di condizioni diverse e simultanee. Ciò può essere vero per le passate estinzioni e nel futuro prossimo. Alcuni periodi nell'evoluzione della vita sono più vulnerabili alle estinzioni di massa di altri [13, 14].

Secondo tali modelli [15, 16] un'estinzione di massa avviene solo quando vi è una sinergia tra eventi non usuali, come nella “tempesta perfetta” quando convergono alcuni parametri critici.

Principalmente, i parametri sono:

1. accelerazione del cambiamento climatico;
2. alterazioni della composizione atmosferica;

3. fattori di stress ad alta intensità; 1-3. feedback positivi tra i tre.

Nel passato, il risultato è stato l'estinzione di massa: «la perdita di più di tre quarti di specie in un breve intervallo geologico» [6]. Il fenomeno dell'estinzione comincia ad agire su molte linee filogenetiche diverse, culminando in un evento scatenante, ad esempio un impatto o una serie di eruzioni, che libera l'onda finale della crisi globale (alcune estinzioni di massa sono costituite da diverse ondate di estinzione).

È possibile applicare il “Modello della Tempesta Perfetta” all'impatto che le attività umane hanno sulla biodiversità? Secondo Barnosky e i suoi colleghi, la situazione attuale si adatta alla seguente descrizione:

1. dinamiche accelerate relative al clima? SÌ, in corso;
2. cambiamenti nella composizione atmosferica? SÌ, in corso;
3. fattori di stress ad alta intensità? SÌ, le attività umane da molto tempo; 1-3. feedback positivi tra i tre? SÌ, nella prima fase.

In questa tempesta perfetta, creata da noi, non c'è necessità che cada un asteroide o che ci sia un'eruzione per il “coupe de grace”. Secondo Pereira et al. [17], senza un'azione forte e combinata di mitigazione dei danni, sono iniziati gli scenari di collasso della biodiversità globale per il XXI secolo. I tre parametri della “tempesta perfetta” sono le prossime cause geofisiche delle estinzioni di massa, viste da una prospettiva paleontologica.

Ma quali sono le cause remote che hanno dato all'Homo sapiens il potere di innescare un cambiamento geologico e ambientale? Si tratta di una vecchia storia.

Quando i cacciatori paleolitici sono entrati nelle Americhe, in Australia e nelle Isole del Pacifico, è stato provato – anche se permangono dubbi sul possibile ruolo di oscillazioni climatiche concomitanti – che, entro pochi millenni dal loro arrivo,

questi primi colonizzatori hanno estinto decine di grandi mammiferi e uccelli non volatori che vi abitavano. La documentazione archeologica mostra una serie di estinzioni regionali di massa di megafauna, dal momento che gli animali di queste regioni non erano abituati ai predatori umani e avevano un basso tasso di riproduzione, che li rendeva particolarmente vulnerabili. L'impatto ambientale distruttivo della nostra specie è cominciato verso la fine del Pleistocene [18].

Come si vede nelle documentazioni geologiche dei cambiamenti a lungo termine del clima e della composizione atmosferica, l'introduzione dell'agricoltura e del bestiame alla fine dell'ultima era glaciale è stato un grande evento evolutivo e ha accelerato i processi di estinzione, insieme alla crescita dell'insediamento della popolazione umana in villaggi permanenti, in paesi e in città. Siamo una specie invasiva: all'inizio, le esplorazioni erano eseguite da piccole bande di cacciatori-raccoglitori; a questo ha fatto seguito l'espansione degli agricoltori e dei pastori, fino alle ondate di migrazione umana.

Oggi, dopo la rivoluzione industriale, il processo sta procedendo ad un ritmo senza precedenti, creando una sorta di "natura addomesticata" [19]. Secondo Niles Eldredge e Norman Myers, questo racconto non rappresenta catastrofismo, ma realismo, vale a dire una successione di "estinzioni Centinela", dal nome della catena montuosa occidentale della Ande ecuadoriane (Centinela) dove, in soli otto anni, si è registrata l'estinzione di migliaia di specie endemiche a causa della conversione delle foreste in terreni agricoli [20, 21].

Il modello HIPPOC

Questa storia non rappresenta quindi una singola attività antropica che è la causa del destino avverso della biodi-

versità. Ha radici profonde nella storia umana. Attraverso un mix dei diversi comportamenti, con conseguenze variabili, abbiamo generato le condizioni per una crisi rapida di estinzione globale. In altre parole, l'"Antropocene" segnala il fatto che l'*Homo sapiens* è diventato una forza evolutiva dominante [22]. Secondo il modello "HIPPO" proposto da Edward O. Wilson [23], e qui aggiornato e rivisitato (HIPPOC), l'impatto umano sulla biodiversità è dovuto ad una convergenza di diversi fattori interagenti:

- H (Habitat): frammentazione degli habitat e alterazione delle relazioni specie-aree (ad esempio la deforestazione, la conversione in pascoli e le coltivazioni intensive, le attività estrattive);
- I (Invasive): specie invasive e diffusione di nuovi agenti patogeni (il rimescolamento intercontinentale di specie esotiche causato dai viaggi e dal commercio ha prodotto estinzioni di massa su scala locale per intere regioni, nonché nelle isole e negli arcipelaghi);
- P (Population): crescita della popolazione e di macro-agglomerati urbani (produzione di barriere e limitazioni alla dispersione di animali e piante);
- P (Pollution): inquinamento (agricolo industriale, inquinamento chimico di aria, acqua e suolo);
- O (Overexploitation): eccessivo sfruttamento delle risorse biologiche dovuto alla pesca eccessiva e alla caccia eccessiva;
- C (Climate change): cambiamento climatico. Inizialmente caratterizzato soltanto nelle stime grezze, ma con i modelli attuali, tra cui il riscaldamento climatico e la crescente evidenza di disallineamenti ecologici nei cicli stagionali di specie (per lo più uccelli migratori a lunga distanza), specie polari in via di estinzione, la ristrutturazione di comunità ecologiche in foreste tropicali, e gli effetti globali allarmanti innescati dall'acidificazione degli oceani (per lo più nelle barriere coralline).

Inoltre, dovremmo considerare le interazioni non lineari tra le sei forze (ad esempio, la frammentazione del territorio e del riscaldamento globale nelle foreste tropicali; devastanti effetti sinergici di inquinamento, sovrasfruttamento e dei cambiamenti climatici sulle barriere coralline). Questo rapporto senza precedenti tra specie globalmente invasive e la biosfera genera un gap evolutivo: i tassi di evoluzione biologica (cioè spostamenti biogeografici, adattamenti alle diverse temperature, ecc.) sono in media dieci volte più lenti rispetto ai tassi di variazione antropica. In questo modo i soliti processi di recupero ecologico vengono alterati. Consideriamo l'estinzione di massa di origine antropica dal punto di vista del tempo evolutivo, per valutare come si confronta con le cinque estinzioni di massa preistoriche.

Estinzioni di base ed estinzioni di massa

Le estinzioni di “base” sono un processo normale (e necessario) per l'economia della natura. Esse sono generate da una serie di cause biotiche ed abiotiche che minano la capacità di sopravvivenza e la riproduzione della specie. Generalmente, la perdita di diversità genetica rende una specie a rischio di estinzione. Le estinzioni di massa sono catastrofi globali: crollano infatti intere classi di biodiversità terrestre e marina [24].

Come tendenza a lunghissimo termine, la biodiversità durante il Fanerozoico (gli ultimi 540 milioni di anni) ha mantenuto una quantità media di generi, anche con cinque interruzioni delle principali estinzioni di massa (Big Five) e con altri eventi di estinzione regionali, innescati da fenomeni dalle grandi dimensioni ecologiche. Le tre estinzioni di massa del Big Five avvengono: alla fine dell'Ordoviciano (445 milioni di anni fa, in relazione ad una glaciazio-

ne); alla fine del Devoniano (360 milioni di anni fa) e alla fine del Triassico (200 milioni di anni fa, l'estinzione di massa che causò l'estinzione dei dinosauri). Le vittime di una estinzione di massa potrebbero essere i fortunati sopravvissuti di un evento precedente.

Questa anormale potatura periodica dell'albero della vita si differenzia dalle estinzioni di base (che presentano una percentuale media di 2-4 famiglie tassonomiche che scompaiono ogni milione di anni), come se il “business as usual” dell'evoluzione non sia semplicemente accelerato ma momentaneamente schiacciato. Le estinzioni di massa sprigionano una potenza dirompente in un tempo relativamente breve su scala geologica (poche migliaia di anni in alcuni casi), e colpiscono tutte le classi e gli ordini con scarsa selettività. Questo scenario ha indotto il paleontologo David Raup a chiedersi se le estinzioni di massa sono un problema di “cattivi geni” o di “sfortuna” [25].

Al fine di ottenere una teoria per tali eventi, è necessario coinvolgere la paleontologia, la geologia, la biologia, la genetica, l'ecologia e l'astrofisica [26]. I paleontologi erano a conoscenza dell'esistenza nel passato di ricambi drammatici. In realtà questi avvenimenti sono stati utilizzati come marcatori che separano le principali ere del tempo geologico. Tuttavia, l'entità e l'incidenza delle estinzioni di massa sono state sottovalutate perché rappresentavano una minaccia all'immagine prevalente della storia naturale come gradualistica. I meccanismi evolutivi sono stati estrapolati dalle normali scale temporali come accelerazioni temporanee del ritmo evolutivo.

Con le nuove scoperte, a partire dal 1980, gli esperti hanno dovuto ammettere che le estinzioni di massa erano in realtà fratture irreversibili in evoluzione, non picchi di tendenze sviluppate in precedenza [27, 28]. Questi deragliamenti dai normali binari dell'evoluzione

sono infatti più frequenti, più veloci e più profondi (per numero di individui rimossi) del previsto. Si è capito che si trattava di eventi speciali, da spiegare in modo indipendente dai modelli di evoluzione su larga scala.

Lezioni dai dinosauri

Il dibattito sulla quinta estinzione di massa è stato cruciale. Dalla fine degli anni Settanta, i ricercatori hanno cominciato a capire che l'estinzione della fine del Cretaceo non riguardò soltanto i dinosauri. Questa evidenza ha respinto una moltitudine di ipotesi biologiche sulla presunta inadeguatezza dei dinosauri [29]. L'attenzione si è subito concentrata su una crisi globale. A quel tempo scomparvero: i grandi rettili marini (plesiosauri e mosasauri), gli pterosauri volanti, i grandi gruppi di molluschi, le ammoniti, molti foraminiferi, molte lucertole e serpenti (quattro quinti), molti uccelli (tre quarti) e mammiferi (due terzi).

La biosfera appena prima l'estinzione era probabilmente in uno stato di criticità, in cui molti gruppi hanno mostrato vulnerabilità adattiva. Tuttavia, a dare il "colpo di grazia" a questi gruppi in crisi, è stato qualcosa di molto più drammatico. Gli scienziati avevano bisogno di una causa "eccezionale". Nel 1980, Louis e Walter Alvarez e il loro team di ricerca hanno concluso che l'alta concentrazione di iridio, rilevato in strati di 66-65 milioni di anni in tutto il mondo, si era diffuso in seguito al catastrofico impatto di un grande asteroide [30].

La teoria della "causa extraterrestre" è stata accolta dalla comunità dei paleontologi con profondo scetticismo, rasentando il ridicolo [31]. Mentre il polverone mediatico si spense, altre indagini geologiche sul periodo alla fine del Cretaceo confermarono la teoria dell'impatto: isotopi rari, sferule vetrose prodotte dal repentino scioglimento e frammenti di

silice presente solo ad alte pressioni. La "smoking gun" che ha confermato questa teoria è il cratere di impatto dell'asteroide, scoperto da Alan Hildebrand nel 1991 e situato nei pressi di Chicxulub, nella penisola dello Yucatan e il fondo dell'oceano adiacente [32].

La teoria di Alvarez e dei suoi colleghi è ormai accettata con un consenso prevalente nella comunità scientifica, anche se vi sono ancora punti oscuri sulla dinamica della sopravvivenza (per una rassegna aggiornata in *Scienze* si veda [33]). L'impatto di un asteroide sulla Terra è ancora il principale sospettato, anche se forse non è l'unico fattore che ha attivato la catastrofe che ha portato all'estinzione della metà della vita marina, allo sterminio di famiglie intere, tra cui quasi tutti i dinosauri (ad eccezione degli antenati dei moderni uccelli). Come accennato in precedenza, secondo Gerta Keller [12], la quinta estinzione di massa fu causata da una convergenza di fattori, tra cui vulcanismo, impatti multipli, cambiamenti climatici, e precedenti stress biotici.

Una lezione proveniente da questi fenomeni è il fatto che i sopravvissuti non sembrano essere necessariamente quelli che meglio si adattano alle condizioni precedenti. Non ci sono chiari segnali di una maggiore resistenza alle estinzioni di massa correlata alle dimensioni del corpo, a specifici adattamenti ecologici, o alla latitudine alla quale gli organismi vivono. Pur avendo una dieta diversificata, una minore necessità di cibo e ossigeno, le abitudini generali e una certa flessibilità adattativa aiutano certamente in questi bruschi cambiamenti delle regole di sopravvivenza [34] ma non ne garantiscono la sopravvivenza.

La rinascita neocatastrofista

I dinosauri non sono state le vittime della peggiore estinzione di massa. Secondo il paleontologo Michael Benton,

nell'estinzione che ha chiuso il Permiano 251 milioni di anni fa, la vita è andata abbastanza vicina alla fine [29]. Secondo le ultime prove, masse enormi di magma a bassa viscosità coprivano intere regioni, grazie a eruzioni vulcaniche che causarono la fuoriuscita dei flussi di basalto. L'estinzione di massa del Permiano è quasi inimmaginabile: è la madre di tutte le estinzioni di massa. Non oltre il 10% delle specie è riuscita a sopravvivere. Da questa piccola percentuale, fu ricostruita l'intera biodiversità, in un lento processo di ripresa che, secondo Benton, si è realizzato forse in 100 milioni di anni. L'albero della vita subì una potatura radicale: il 90% dei rami vennero tagliati, in tutte le nicchie ecologiche e in tutti i settori degli esseri viventi.

Secondo il padre britannico della geologia, Charles Lyell, solo i processi osservabili oggi possono essere una spiegazione del passato. Anche se le osservazioni dell'anatomista francese e geologo George Cuvier sulle alternanze radicali di diverse faune fossili nel bacino idrografico della Senna erano puntuali, la metodologia di Lyell prevalse. Dal 1832 la tendenza dominante dei geologi e dei paleontologi è stata concentrarsi su meccanismi gradualisti il cui corso era prevedibile, piuttosto che su processi ritenuti inutili considerando le conoscenze del tempo.

Le cause endogene (interne alla Terra) sono state in gran parte preferite alle esogene dagli "uniformitaristi" [29]. Charles Darwin era un fervente anti-catastrofista, e applicò l'uniformitarismo geologico agli esseri viventi, anche se con alcuni dubbi iniziali. Anche geologi di spicco come Roderick Murchison che avevano intuito l'esistenza di catastrofi del passato, hanno dovuto accettare il principio dell'uniformitarismo. Due secoli più tardi, le estinzioni di massa furono riconosciute come un modello importante per l'evoluzione: essi hanno plasmato la biodiversità più volte durante le ere geo-

logiche. Come fattore integrativo rispetto ai processi micro-evolutivi neodarwinisti, le estinzioni di massa sono probabilmente dovute ad una serie di possibili cause macro-evolutive [35].

Secondo Benton, ci troviamo di fronte a una nuova interpretazione scientifica del "catastrofismo" del XIX secolo, il catastrofismo pre-scientifico proposto da Cuvier temporaneamente dismesso a causa delle sue ipotesi pseudo-scientifiche. Ora sappiamo che gli eventi di estinzione di massa sono reali, non effetti illusori causati da una mancanza di dati. Ma il "neocatastrofismo" – un termine coniato da Otto Schindewolf nel 1963 – sta adottando le metodologie di ricerca più avanzate e ha perso qualsiasi colorazione anti darwiniana [29, p. 13].

Questi fenomeni su larga scala devono essere considerati una forza integrativa rispetto ai fattori di cambiamento darwiniani. Essi dimostrano che i modelli macroevolutivi non possono essere completamente estrapolati da quelli microevolutivi [36]. Inoltre, l'energia dirompente del disastro alla fine si trasforma in rigenerazione. La ricolonizzazione delle nicchie lasciate libere da queste apocalissi genera episodi di radiazione adattativa di nuove forme da parte dei pochi sopravvissuti. La situazione comune, dopo la decimazione, sembra essere una libertà senza precedenti di esplorazione adattativa per i superstiti. I grandi ricambi nella storia naturale liberano lo spazio ecologico, rilassano la selezione naturale, e aprono nicchie per le radiazioni adattative. Rappresentano un nuovo inizio dopo la fine apparente del mondo.

Conclusioni: l'ironia della storia naturale

Non c'è nulla di insolito nelle estinzioni. Esse fanno parte della storia naturale. La stragrande maggioranza delle specie del mondo si sono estinte. Ciò che oggi è

senza precedenti è il ruolo di una specie nel causare la Sesta Estinzione di massa, la più veloce di tutti i tempi. Emerge un paradosso filosofico: l'Homo sapiens, discendente da estinzioni di massa di altre specie (soprattutto dei grandi rettili, la cui scomparsa 66-65 milioni di anni fa ha aperto la strada alla radiazione adattativa dei mammiferi), ora è l'agente di un'estinzione di massa speciale. Noi siamo i figli della fine delle altre specie. Il ruolo dei fattori geofisici (anche con drammatiche conseguenze globali, come nel caso della super eruzione di Toba, 73.000 anni fa), è stato fondamentale nella recente evoluzione umana [37].

La triste ironia della storia è che i nostri sforzi per rallentare o fermare la sesta estinzione di massa potrebbero non essere sufficienti. Secondo Butchart et al. [38], uno dei risultati della Convenzione delle Nazioni Unite sulla diversità biologica è il moltiplicarsi con successo delle iniziative locali di conservazione. Ciò non è tuttavia sufficiente ad invertire le tendenze generali di distruzione dell'habitat. Il confronto è disarmante: gli indicatori generali delle azioni di tutela ambientale sono moderatamente positivi; quelli che misurano la salute degli ecosistemi sono, invece, tutti negativi. Non siamo ancora in grado di vedere gli effetti delle nostre buone pratiche.

Il neo catastrofismo scientifico, che sottolinea la scarsa sostenibilità delle attività dell'Homo sapiens, non deve essere confuso con il catastrofismo filosofico o metafisico, promosso da alcuni movimenti ecologisti. La consapevolezza scientifica di una sesta estinzione di massa ci insegna diverse cose:

1. fornisce la prova che siamo parte di un sistema ecologico instabile;
2. fornisce una visione evolutiva, dimostrando che non saremmo qui senza questa instabilità e senza i ricambi di specie nel lungo periodo;
3. fornisce un monito per il futuro, confermando che è la biosfera è neces-

saria per la sopravvivenza dell'Homo sapiens. Al contrario, l'Homo sapiens non è necessario per la sopravvivenza della biosfera.

Anche se siamo così miopi da mettere in pericolo le condizioni della nostra permanenza sul pianeta, alcuni modelli scientifici ci dicono che la vita andrà avanti comunque in altre forme [39], probabilmente a vantaggio delle specie più opportuniste, come i ratti [40]. Infatti, non appena si sia estinta la razza umana, potrebbe sbocciare sulla Terra una cornucopia di nuovi esperimenti di vita. Da una prospettiva evolutivista, l'estinzione dell'Antropocene è una minaccia non per la biodiversità in sé, ma per le condizioni ecologiche che attualmente permettono la sopravvivenza umana. La fine della nostra specie rappresenterebbe solo un altro nuovo inizio. Così, da un punto di vista filosofico, la sesta estinzione di massa è un avvertimento antropologico sulla contingenza della vita e la fragilità della nostra storia come ominidi.

Il paradosso dell'Homo sapiens, come causa della sesta estinzione di massa è difficile da risolvere per due motivi: uno politico, cioè la mancanza di coordinamento internazionale; e l'altro psicologico, cioè la mancanza di capacità di previsione. Una singola nazione può fare ben poco se le altre non collaborano. Le dinamiche ecologiche non rispettano la stretta tempistica delle campagne elettorali e le leggi della popolarità, possono quindi improvvisamente venire meno i servizi forniti dall'ecosistema. Realizzare una buona pratica di conservazione oggi porterà i suoi frutti tra almeno un paio di generazioni. Certo, non è facile investire soldi e prendere un impegno etico in favore di qualcuno che ancora non esiste, ma dobbiamo armarci di fantasia e cercare di farlo. Dopotutto, potrebbe essere un modo intelligente per marcare ciò che ci differenzia dai dinosauri.

Bibliografia

1. Leakey R., Lewin R. (1992) *The sixth extinction: patterns of life and the future of humankind*, Doubleday, London.
2. Lawton J.H., May R. (eds.) (1995) *Extinction rates*, Oxford University Press, Oxford.
3. Pimm S. et al. (1995) "The future of biodiversity", *Science* 269, 347-350.
4. Wake D.B., Vredenburg V.T. (2008) "Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians", *PNAS* 105, 11466-73.
5. Hoffmann M. et al. (2010) The impact of conservation on the status of world's vertebrates, *Science* 330, 1503-1509.
6. Barnosky A. et al. (2011) "Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?", *Nature* 471, 51-57.
7. Dirzo R. et al. (2014) "Defaunation in the Anthropocene", *Science* 345, 401-406.
8. Wilson E.O. (2003) *The future of life*, Vintage, New York.
9. Crutzen P.J. (2002) "Geology of Mankind", *Nature* 415, 23.
10. Kolbert E. (2014) *The sixth extinction. An unnatural history*, Henry Holt & C, New York.
11. Novacek M.J. (2001) *The biodiversity crisis: losing what counts*, The New Press, New York.
12. Keller G. (2008) "Cretaceous climate, volcanism, impacts, and biotic effects", *Cretaceous Research* 29, 754-771.
13. Ward P.D. (2000) *Rivers in time. The search for clues to Earth's mass extinctions*, Columbia University Press, New York.
14. Archibald J.D. et al. (2010) "Cretaceous extinctions: multiple causes", *Science* 328, 973.
15. Arens N.C. West I.D. (2008) "Press-pulse: a general theory of mass extinctions?", *Paleobiology* 34, 456-471.
16. Brook B.W., Sodhi N.S., Bradshaw C.J.A. (2008) "Synergies among extinction drivers under global change", *Trends Ecol. Evol.* 23, 453-460.
17. Pereira H.M. et al. (2010) "Scenarios for global biodiversity in the 21st century", *Science* 330, 1496-1501.
18. Cavalli Sforza L.L., Pievani T. (2012) *Homo sapiens. The great history of human diversity*, Codice Editions, Turin.
19. Kareiva P., Watts S., McDonald R. et al. (2007) "Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare", *Science* 316, 1866-1869.
20. Eldredge N. (1998) *Life in the balance*, Princeton University Press, Princeton (NJ).
21. Myers N., Knoll A.H. (2001) "The biotic crisis and the future of evolution", *PNAS* 98, 5389-5392.
22. Pievani T. (2013) "The sixth mass-extinction. Anthropocene and the human impact on evolution", *Rend. Fis. Acc. Lincei* 25(1), 85-93.
23. Wilson E.O. (2010) *The diversity of life*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
24. Bambach R.K. (2006) "Phanerozoic biodiversity mass extinctions", *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 34, 127-155.
25. Raup D. (1992) *Extinction: bad genes or bad luck?* Norton, New York.
26. MacPhee R.D.E. (ed.) (1999) *Extinctions in near time. Causes, contexts and consequences*, Kluwer Academic Publ., New York.
27. Glen W. (ed.) (1994) *Mass-extinction debates: how science works in a crisis*, Stanford University Press, Stanford.
28. Gould S.J. (1985) *The flamingo's smile*, Norton, New York.
29. Benton M.J. (2003) *When life nearly died*, Thames & Hudson, London.
30. Alvarez L., Alvarez W., Asaro F. et al. (1980) "Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. Experimental results and theoretical implications", *Science* 208, 1095-1108.
31. Clemens E.S. (1986) "Of asteroids and dinosaurs. The role of the press in the shaping of scientific debate", *Social Studies of Science* 16, 421-456.
32. Hildebrand A.R. et al. (1991) "Chicxulub crater: a possible Cretaceous-Tertiary boundary impact crater on the Yucatán peninsula", *Geology* 19, 867-871.
33. Schulte P. et al. (2010) "The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Tertiary boundary", *Science* 327, 1214-1218.
34. Taylor P.D. (2004) *Extinction in the history of life*, Cambridge University Press, Cambridge.
35. Hallam A., Wignall P.B. (1997) *Mass extinctions and their aftermath*, Oxford University Press, Oxford.
36. Gould S.J. (2002) *The structure of evolutionary theory*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
37. Pievani T. (2012) "Geoethics and philosophy of earth Sciences: the role of geophysical factors in human evolution", *Annals of Geophysics* 55(3), 349-353.
38. Butchart S.H.M. et al. (2010) "Global Biodiversity: indicators of recent declines", *Science* 328, 1164-1168.
39. Weisman A. (2008) *The world without us*, Picador, London.
40. Zalasiewicz J. (2008) *The Earth after us: what legacy will humans leave in the rocks?* Oxford University Press, Oxford.
- Lewis S.L., Maslin M.A. (2015) "Defining the Anthropocene", *Nature* 519, 171-180.
- Monastersky R. (2015) "Anthropocene: the human age", *Nature* 519, 144-147.

La fine di Atlantide e l'origine dei popoli civilizzati

Marco Ciardi

Nell'aprile del 1987 usciva su *Topolino* (n. 1638) la storia *Topolino e l'Atlantide continente perduto*, scritta da Giorgio Pezzin e disegnata da Massimo De Vita. In questa avventura Topolino e Pippo, grazie alla macchina del tempo inventata dal professor Zapotec, tornano nel 10.000 a.C. per assistere alla fine, provocata dall'impatto di una cometa con il nostro pianeta, della misteriosa terra descritta da Platone nel *Timeo* e nel *Crizia* intorno al 360 a.C. Al ritorno i due amici, raccontando le loro incredibili peripezie al professor Zapotec, si interrogano sul destino degli abitanti di Atlantide: «Dove saranno andati a finire?», chiede Pippo. «In ogni parte del mondo», risponde con sicurezza Zapotec, «nel Messico, a fondare la civiltà Maya, sulle Ande a costruire l'impero Inca, e sulle sponde del Mediterraneo, dove hanno posto le fondamenta della civiltà egizia e di quella mesopotamica». Infatti, «solo così si spiega come miti e leggende del Diluvio e del continente scomparso siano rimasti nella memoria di tutti i popoli, giungendo fino a noi».

Il mito di Atlantide come origine delle civiltà storiche conosciute, le quali avrebbero conservato il ricordo di quella antica catastrofe nelle loro leggende è un'invenzione della cultura moderna. Vediamo di capire brevemente come si arriva alla costruzione di questa idea. Nel *Timeo*, Platone aveva fatto riferimento a «un racconto assai singolare,

ma assolutamente vero», nel quale erano narrate le «antiche gesta» della città di Atene, in seguito «cancellate dal tempo e dalle catastrofi che hanno colpito l'umanità». Quel racconto era dovuto a Solone, il quale, nel corso di un suo viaggio in Egitto, aveva raggiunto la città di Sais. Discutendo con i sacerdoti locali, Solone aveva iniziato a narrare gli eventi conosciuti dai Greci, «ossia di Foroneo, che si dice sia stato il primo uomo, e di Niobe», e poi ancora di come Deucalione e Pirra si erano salvati «dopo il diluvio». Tuttavia, secondo il parere di uno dei sacerdoti interpellati, quelle riferite da Solone erano storie che avevano un'origine molto recente. Era infatti esistito un tempo, «prima del Diluvio più grande», in cui «quella che è ora la città degli ateniesi» era stata in assoluto «la migliore in guerra e quella dotata dei migliori ordinamenti da ogni punto di vista»; da essa «furono compiute le imprese più belle e che ebbe le più belle istituzioni, fra tutte quelle di cui, sotto il cielo, noi abbiamo avuto notizia».

Solone, meravigliato da queste affermazioni, pregò il sacerdote di raccontare tutto nei dettagli. Questi acconsentì alla richiesta di Solone, riferendogli dei suoi concittadini vissuti «novemila anni» prima e della più grande delle loro imprese, la quale pose fine ad «una grande potenza, che avanzava con arroganza su tutta l'Europa e l'Asia insieme, proveniente dall'esterno, dall'oceano

Atlantico»: «Infatti, a quel tempo, era possibile attraversare quel mare, perché davanti a quella foce che viene chiamata, come dite, Colonne d'Eracle, c'era un'isola. Tale isola, poi, era più grande della Libia e dell'Asia messe insieme, e a coloro che procedevano da essa si offriva un passaggio alle altre isole, e dalle isole a tutto il continente che stava dalla parte opposta, intorno a quello che è veramente mare. Infatti, queste parti del mare, che stanno dentro alla foce di cui stiamo parlando, sembrano essere un porto che ha una sola entrata stretta. Invece, quello si potrebbe chiamare veramente mare, e la terra che lo circonda si potrebbe chiamare giustamente continente. In questa Isola Atlantide, dunque, si era formata una grande e mirabile potenza di re, che dominava tutta quanta l'isola, e molte altre isole e parti del continente. E, inoltre, dominavano anche su regioni da questa parte dello stretto sulla Libia fino all'Egitto e sull'Europa fino alla Tirrenia».

Gli abitanti di Atlantide cercarono ad un certo punto di soggiogare l'antica Atene. I greci, tuttavia, nonostante la defezione degli altri popoli che inizialmente avevano partecipato alla guerra, riuscirono a sconfiggere gli invasori e a liberare coloro che abitavano «all'interno delle Colonne d'Ercole». Ma di tutto questo si era ormai persa la memoria. Infatti, «nei tempi che seguirono, a causa di tremendi terremoti e catastrofi naturali, nell'arco di un solo giorno e di una sola notte terribili», tutto l'esercito ateniese fu inghiottito sotto terra e anche Atlantide scomparve nell'oceano. Ecco perché, ormai, quel mare lontano era «impraticabile e inesplorabile», a causa del «fango affiorante che l'isola ha prodotto inabissandosi».

Nel corso dell'antichità, eruditi, storici, geografi e filosofi formularono molte congetture intorno al racconto di Platone e all'esistenza di Atlantide, sostanzialmente riassumibili in tre posizioni

principali, poi individuabili anche nel dibattito che caratterizzerà l'età moderna e contemporanea:

1. Atlantide è un'invenzione di Platone;
2. Atlantide è esistita realmente e Platone ha fornito precise informazioni sulla sua posizione geografica, la struttura geologica, la configurazione urbanistica e sociale;
3. L'Atlantide di Platone rappresenta il ricordo impreciso, poi rielaborato e romanzato, di un importante evento geologico avvenuto in un tempo lontano.

Furono i viaggi di esplorazione geografica e, in particolare, la scoperta dell'America, a donare nuova credibilità al racconto di Platone sulle isole e sul continente situato al di là delle Colonne d'Ercole. Inizialmente, le discussioni sull'esistenza e la collocazione di Atlantide furono portate avanti soprattutto da storici ed eruditi preoccupati di stabilire la legittimità dei possedimenti coloniali delle potenze europee e di inserire le popolazioni americane all'interno di una cornice storica e cronologica che non fosse in contraddizione con la Bibbia. Il dibattito cinquecentesco pose le basi per una serie di teorie e speculazioni strettamente legate allo sviluppo del sapere scientifico. Coinvolta progressivamente all'interno di problematiche della massima importanza, come la storia della Terra e dell'umanità, la controversia su Atlantide si sviluppò sostanzialmente lungo due direttrici specifiche, una di ordine geologico, naturalistico e geografico, ed una di natura cronologica. Nel primo caso, la "questione Atlantide" ripercorre da un lato la storia dei dibattiti sulla creazione, la struttura, l'evoluzione del globo terrestre, dall'altro quella delle scoperte geografiche. Nel secondo caso, essa diventa parte integrante delle dispute sui problemi della cronologia, strettamente legate al tema dell'origine dell'uomo e delle civiltà. Tale controver-

sia non riguardò soltanto storici, eruditi e filosofi, ma coinvolse anche autorevoli scienziati e naturalisti come Kircher, Hooke, Stensen, Tournefort, Newton e molti protagonisti dell'Illuminismo. Anche se numerosi interpreti avevano ritenuto che Atlantide dovesse essere identificata con l'America, l'ipotesi più accreditata era quella che collocava Atlantide oltre lo stretto di Gibilterra, ed individuava negli arcipelaghi atlantici i resti di quell'antico continente sprofondato, come era riportato anche nel primo volume (1751) dell'*Encyclopédie*, alla voce *Atlantique ou Isle Atlantique*. A questa ipotesi aderirono, in una qualche misura, anche Buffon, Voltaire e d'Holbach. Quando Jules Verne iniziò a pubblicare *Vingt mille lieues sous les mers*, nel 1869, l'esistenza di una antica terra spazzata via da un «cataclisma», della quale «Madera e le Azzorre, le Canarie, le isole di Capo Verde» non potevano che rappresentare «le sue cime più alte», costituiva per molti ancora una plausibile ipotesi scientifica.

Fino a quel momento, la controversia su Atlantide si era sviluppata all'interno di un quadro cronologico, basato sull'interpretazione delle Sacre Scritture, secondo il quale la creazione del mondo era avvenuta intorno al 4000 a.C. ed il Diluvio universale verso il 2300 a.C. Per dare una risposta alla delicata questione cronologica sollevata da Platone, che aveva collocato la fine di Atlantide 9.000 anni prima del suo tempo, alcuni interpreti avevano affermato che il calendario platonico si basava sul sistema degli Egizi, i quali definivano gli anni in riferimento alla Luna e non al Sole. In sostanza, i 9.000 anni dovevano essere calcolati come 9.000 mesi, corrispondenti alla rassicurante cifra di 750 anni. Ecco che la fine di Atlantide poteva essere avvenuta, più ragionevolmente, intorno al 1300 a.C. circa.

Il tema dell'origine dell'umanità era da tempo strettamente intrecciato con

quello dell'origine delle diverse tradizioni facenti capo ai popoli dell'antichità. A partire dalla fine del Quattrocento alcuni umanisti cristiani, fra cui Marsilio Ficino, avevano tentato di accordare fra di loro le diverse testimonianze religiose e mitologiche, ritenendole derivate da un'unica fonte. Il punto di partenza della storia era naturalmente rappresentato dagli eventi narrati nella *Bibbia* e accaduti dopo il Diluvio universale. Tuttavia, nel corso dell'Ottocento, i dibattiti sull'origine della Terra, sull'esistenza dei fossili e sulla trasformazione delle specie avevano contribuito a rafforzare la convinzione, ormai presente da almeno un paio di secoli fra i cultori di storia naturale, che la storia dell'universo, del sistema solare e del nostro pianeta dovessero essere spostate all'indietro (e di molto) rispetto alla cronologia tradizionale. Fra gli anni '50 e '60 dell'Ottocento, le prove dell'esistenza di fossili umani appartenenti ad epoche assai lontane, rispetto a quella in cui si supponeva si fosse verificato il Diluvio universale, divennero sempre più evidenti. Da dove provenivano, dunque, quelle tradizioni a cui avevano fatto riferimento gli umanisti cristiani?

Dopo l'uscita dell'*Origine delle specie* (1859) di Charles Darwin, molti testi vennero dedicati ad esaminare il tema dell'origine e dell'antichità dell'uomo, questione che Darwin aveva inizialmente escluso dalla sua trattazione. Un numero sempre maggiore di scienziati e uomini di cultura maturò così la convinzione che la comparsa dell'umanità sulla Terra risalisse ad un'epoca assai lontana nel tempo e che l'inizio della civiltà dovesse essere di molto retrodatato rispetto alle stime tradizionali. Sensazionali scoperte archeologiche, come le favolose città dei Maya nello Yucatan, individuate da John Lloyd Stephens e Frederick Catherwood, il quale realizzò splendidi disegni di Copán, Palenque, Uxmal e Chichén Itzá (1839-41), e

della mitica Troia da parte di Heinrich Schliemann (1868), stavano inoltre a dimostrare come nel passato potessero celarsi ancora numerosi segreti, che riguardavano la storia dell'uomo e che non potevano non rimandare al mito dell'antica sapienza (già sviluppato a partire dal Quattrocento, ma all'interno della cronologia biblica), cioè all'idea che in un passato remoto gli uomini avessero raggiunto un livello di conoscenza superiore a quello attuale. La scoperta di Schliemann, in particolare, ebbe sull'immaginario collettivo un impatto senza precedenti, dando un impulso straordinario alla ricerca archeologica sul campo e alla ricerca delle civiltà perdute e dimenticate; inoltre, i successi dell'avventuriero tedesco rafforzarono la convinzione che in questa materia i dilettanti avessero da dire molte più cose interessanti ed importanti di quanto non potessero fare gli esponenti della cultura ufficiale. La nascita delle riviste di divulgazione scientifica, favorendo la circolazione di tematiche talvolta estranee ai veri e propri obiettivi della scienza accademica, contribuì indubbiamente allo sviluppo di questa convinzione, unitamente alla progressiva specializzazione delle discipline, sia scientifiche che umanistiche, caratterizzate sempre più da un linguaggio di non facile accesso ai non specialisti.

In questo contesto, Atlantide iniziò ad assumere un significato ben diverso da quello che gli era stato attribuito dopo la scoperta dell'America. E non deve sorprendere che, negli ultimi decenni dell'Ottocento, sia stato un altro personaggio "non accademico" a fornire al dibattito sull'esistenza di Atlantide una nuova, straordinaria popolarità: Ignatius Donnelly, uomo politico (fu, tra l'altro, vice governatore del Minnesota e membro della Camera dei Rappresentanti degli Stati Uniti) e cultore di storia antica (al pari del celebre collega inglese William Ewart Gladstone). Fu grazie a

Donnelly se le discussioni su Atlantide cominciarono ad uscire dalle stanze degli specialisti per diventare uno dei terreni privilegiati di azione di appassionati e non professionisti. Nel 1882 Donnelly pubblicò l'opera dal titolo *Atlantis: The Antediluvian World*, nella quale veniva presentata una personale e disinvolta rielaborazione di tutte le tipiche tematiche che avevano attraversato il dibattito sull'esistenza di Atlantide nei due secoli precedenti, attraverso l'enunciazione di tredici affermazioni fondamentali:

1. Un tempo nell'Oceano Atlantico, di fronte alle Colonne d'Ercole, esisteva un'isola immensa, che era quanto restava di un continente noto nell'antichità con il nome di Atlantide.
2. La descrizione di tale isola fornita da Platone non era – contrariamente a quanto si era a lungo ritenuto – frutto di fantasia, ma un autentico resoconto storico.
3. Atlantide fu la prima area del mondo dove l'uomo passò dalla barbarie alla civiltà.
4. Nel corso del tempo Atlantide divenne una nazione popolosa e potente, dalle cui migrazioni le coste del Golfo del Messico, del fiume Mississippi, del Rio delle Amazzoni, della costa pacifica del Sud America, del Mediterraneo, delle coste occidentali di Europa e Africa, del Baltico, del Mar Nero e del Mar Caspio furono colonizzate, sviluppando a loro volta popolazioni locali civilizzate.
5. Si trattava del vero mondo Antidiluviano, ossia del Giardino dell'Eden, del Giardino delle Esperidi, dei Campi Elisi, del Giardino di Alcino, del Mesomphalos, dell'Olimpo, dell'Asgard delle storie degli antichi popoli, a rappresentanza della memoria universale di una grande terra, popolata a lungo da un'umanità arcaica, pacifica e prospera.

6. Gli dei e le dee degli antichi Greci, dei Fenici, degli Indù e degli Scandinavi non erano altro che re, regine ed eroi di Atlantide, e le azioni attribuite loro nella mitologia sono un insieme confuso di eventi storicamente accaduti.
7. Le mitologie di Egitto e Perù ritraevano la religione originaria di Atlantide, veneratrice del sole.
8. La colonia più antica degli Atlantidei fu probabilmente in Egitto, la cui civiltà riproduceva quella dell'isola originaria.
9. I manufatti dell'Età del Bronzo europea avevano avuto origine in Atlantide; furono gli Atlantidei a lavorare per primi il ferro.
10. L'alfabeto fenicio, progenitore di tutti gli alfabeti europei, derivava da quello di Atlantide, che fu trasmesso ai Maya dell'America centrale.
11. Atlantide fu l'originaria dimora del gruppo dei popoli Ariani o Indo-Europei, così come dei popoli Semitici e probabilmente anche dei Turanidi.
12. Atlantide però a seguito di un terribile disastro naturale, in cui l'intera isola sprofondò nell'oceano, lasciando con sé quasi tutti i suoi abitanti.
13. Solo alcuni scamparono a bordo di navi e zattere e, ovunque approdarono, narrarono la spaventosa catastrofe; quelle storie sono giunte a noi in forma di leggende su inondazioni e diluvi avvenuti in diverse zone del mondo antico e moderno. Donnelly utilizzò molte delle più recenti acquisizioni scientifiche per corroborare la bontà delle sue speculazioni. Si appoggiò, ad esempio, ai risultati delle spedizioni che, in quegli anni, dettero inizio alla moderna oceanografia, fra cui quella fondamentale del *Challenger* (1872-1876). John Murray, uno dei padri di questa nuova scienza e tra i più importanti mem-

bri del *Challenger*, dubitava (siamo nel 1913) che gli scandagli effettuati dalle spedizioni oceanografiche dimostrassero, come riteneva Donnelly, l'esistenza di un antico continente collocato nell'Atlantico: «Si è supposto che le montagne occidentali dell'Europa e le montagne orientali degli Stati Uniti altro non siano che i resti delle grandi catene montane dell'Atlantide, ora seppellita sotto il fondo del Nord Atlantico; si è supposto inoltre che parti del Sud America, dell'Africa e dell'India siano i resti di un continente ora sepolto sotto i piani sommersi del grande Oceano del Sud; ma lo studio delle profondità oceaniche e dei sedimenti rocciosi non pare diano ragione all'ipotesi che una terra continentale abbia potuto sparire sotto il fondo del mare nel modo testé indicato». Queste affermazioni, tuttavia, non avevano ancora la forza per essere decisive. Nel 1911 il ritrovamento di Machu Picchu, la città perduta degli Inca, ad opera di Hiram Bingham, destò un'enorme sensazione nell'opinione pubblica, grazie anche alle foto diffuse dalla celebre rivista *National Geographic*. Negli anni successivi Bingham tornò varie volte a Machu Picchu, contribuendo a rendere l'archeologia sempre più popolare. In breve tempo anche la città degli Inca sarebbe stata messa in collegamento alla storia di Atlantide e all'esistenza di un antichissimo popolo che aveva diffuso la civiltà in tutto il mondo. Datazioni tutte da definire, remote culture, mondi perduti, sorprendenti scoperte e fantastici miti, contribuivano a rendere ancora molto incerto il quadro degli studi archeologici e antropologici. In una guida turistica dell'Egitto, pubblicata all'indomani della scoperta della tomba di Tutankhamon, ufficialmente aperta il 29 novembre 1922, si poteva leggere: «La Sfinge resta ai nostri giorni il grande "enigma della

sabbia” degli egittologi. Le è attribuita un’antichità molto grande. Sembra essere esistita molto tempo prima della costruzione della Grande Piramide di Cheope, vecchia 5700 anni, e rappresentare l’unica testimonianza di una civiltà molto remota esistita prima dell’era della costruzione delle piramidi». Fu proprio l’Egitto, in quegli anni, a stimolare lo sviluppo del cosiddetto “diffusionismo” (la concezione secondo la quale è impossibile che un’invenzione o un’innovazione possano realizzarsi in maniera autonoma in popoli situati in luoghi diversi e lontani fra loro), contribuendo a rendere plausibili le ipotesi relative ad Atlantide come punto di origine della civiltà: bastava semplicemente sostituire Atlantide con Egitto e il gioco era fatto.

Soltanto dopo la Seconda Guerra Mondiale, lo sviluppo delle ricerche scientifiche sarà in grado di mostrare con certezza, sulla base di nuove prove e documenti, l’inconsistenza delle affermazioni di Donnelly, prima fra tutte quella relativa all’esistenza di un antico continente nell’Oceano Atlantico. Tali prove, tuttavia, hanno fatto fatica a imporsi al grande pubblico e hanno continuato ad essere ben presenti sia in ambito pseudoscientifico sia in quello del cinema, della letteratura e dei fumetti. Come ci ha dimostrato l’esempio iniziale di *Topolino*, l’idea che Atlantide abbia rappresentato il luogo di origine della prima civiltà umana, poi cancellata da una catastrofe, è stata ampiamente presente nella cultura popolare della seconda metà del Novecento, e continua ad esserlo tutt’oggi.

Nel 1956, nel suo *Altmexikanische Kulturen (Civiltà dell’antico Messico)* Walter Krickeberg presentava le più recenti scoperte archeologiche relative ai popoli dell’antico Messico, che smentivano l’esistenza di una relazio-

ne fra le antiche civiltà del Vecchio e Nuovo Mondo e, conseguentemente, buona parte dell’impianto di Donnelly: «questa ipotesi ebbe un’apparenza di verità soltanto fintantoché furono malamente note le antiche civiltà americane, e perciò si poteva credere giusto giungere a tale conclusione sui rapporti fra esse e le civiltà mediterranee o europee basandosi su vaghe somiglianze». Due anni dopo, Peter Kolosimo, il noto divulgatore di misteri, ribaltava tranquillamente queste conclusioni nel suo primo libro, *Il pianeta sconosciuto* (più volte aggiornato in numerose edizioni): «Troppi sono, infatti, i misteriosi legami che paiono unire la cultura egizia a quella dei preistorici abitanti d’America, dalla mitologia all’arte, all’architettura (è sotto il comune segno delle piramidi che fioriscono le due lontanissime civiltà), al folclore, al simbolismo, alla stessa scrittura, che presenta elementi di straordinaria affinità, persino caratteri geroglifici del tutto simili». Nel marzo 2015, la rivista *Archeo Misteri Magazine*, ha dedicato un articolo ad Atlantide (*I Re di Atlantide diventarono gli dei*), riproducendo un estratto dell’opera di Donnelly, che viene presentata in questo modo: «a oltre 120 anni di distanza, le sue argomentazioni non hanno minimamente perso la propria attualità». Forse per i fumetti e il fantasy; non certamente per la ricerca scientifica.

Bibliografia

- Ciardi M. (2002) *Atlantide. Una controversia scientifica da Colombo a Darwin*, Carocci, Roma.
- Ciardi M. (2001) *Le metamorfosi di Atlantide. Storie scientifiche e immaginarie da Platone a Walt Disney*, Carocci, Roma.
- Ciardi M. (2014) *Galileo e Harry Potter. La magia può aiutare la scienza?*, Carocci, Roma.

Ecologia microbica

Donato Greco

Conosciamo i germi da molto poco: i batteri da meno di 300 anni con Lister e Pasteur e i virus da poco più di cent'anni con Ivanovsky; piccolissime frazioni della nostra millenaria storia.

Sappiamo invece che Virus e batteri sono presenti su questo pianeta da almeno tre miliardi di anni: in effetti, per dirla con Brison: «il pianeta è il mondo dei microbi: virus, batteri, protozoi, abitano il nostro globo da almeno tre miliardi di anni, l'uomo da solo qualche milione d'anni; il mondo è dei germi e sono loro che ci consentono di vivere».

Infatti anche il corpo umano alberga più cellule batteriche che cellule umane, per non parlare dei fantastiliardi di virus che ci portiamo tranquillamente addosso. Sulla nostra pelle, normalmente sempre coperta di un sottile strato di grasso infarcito di scaglie di pelle morta, albergano più di 100.000 batteri per centimetro quadrato; nel nostro intestino abbiamo oltre 100 trilioni di batteri, migliaia di diverse specie batteriche vivono nelle nostre fauci. Insomma siamo coperti di batteri e di chissà quante diverse specie di virus.

Una buona parte di questi germi ci è vitale: moltissimi processi metabolici sono mediati da batteri e virus: dall'alimentazione alla respirazione, senza germi non ci sarebbe vita umana.

Ancor più, senza germi nell'ambiente il mondo sarebbe una gelida pietra: la

maggioranza dei processi biologici e chimici, vede germi in azione: la fermentazione è cornucopia di vitalità, dal mondo vegetale a quello animale, ma addirittura anche nel mondo minerale.

Di fatto, molto comprensibilmente, l'uomo ha scoperto i germi quali cause di danno, di malattie: l'intera microbiologia è nata come lotta al malanno, come speranza di difesa contro un invisibile nemico; quindi in questi pochi secoli di studi microbiologici, tutto lo sforzo umano è stato concentrato verso la scoperta e la sconfitta di germi cause di malattie nell'uomo e negli animali.

Questo ha inesorabilmente portato alla concezione di germi quali nemici infettanti, legati alla malattia, allo sporco, alla contaminazione, al contagio.

Solo da pochissimi anni si incomincia a scoprire il vero mondo microbiologico, l'immensa vastità e lo sconfinato dinamismo di questi esseri, ma anche le loro virtuose funzioni. Identificare virus, protozoi e batteri come sinonimi di rischio è un madornale errore!

Molecole in viaggio

Buona parte delle teorie sulla nascita della vita, senza intaccare credi religiosi, riconoscono che "la materia vivente" è l'acido nucleico (RNA o DNA): sostanzialmente una lunga elica composta dalla ripetuta sequenza di soli 4 elementari

aminoacidi, tenuti insieme da ponticelli sulfidrici.

Tutta l'evidenza scientifica disponibile fa pensare che poche molecole di carbonio, Idrogeno, ossigeno, azoto e fosforo si fossero casualmente combinate nell'anello ciclo pentanico, la base di tutti e quattro gli aminoacidi; successivamente quest'anello ha attratto altre molecole o gruppi di molecole differenziando diversi aminoacidi; questi ultimi si sono legati tra di loro in catene sempre più lunghe fino a costruire le eliche degli acidi nucleici. Mistero della vita queste eliche: la loro sequenza parla: rispetta precise informazioni: il patrimonio genetico; non solo, ma queste eliche, messe nelle dovute condizioni, sono capaci di riprodurre se stesse in un infinito processo.

Un virus altro non è che qualche elica di acido nucleico dentro una pallina di mucoproteine (J. Brislow), presumibilmente il primo "essere vivente", probabilmente, in una sua primitiva forma, capace di riprodursi anche in assenza di cellule ospiti per poi evolversi, in alcuni milioni di anni, nella forma di parassita cellulare obbligatorio che conosciamo oggi. Insomma il virus, quello che noi crediamo il nostro "nemico" altro non è che il primo mattone della vita da cui tutta la vita discende.

Il batterio è già una struttura vivente organizzata: ha un cervello (il nucleo), un endoscheletro, polmoni (i mitocondri) apparati digestivi, organi di movimento (pseudopodi e ciglia); mangia, elimina, si riproduce, anche si accoppia: ha molti degli elementi che caratterizzano un essere vivente: quanti milioni di anni ci sono voluti perché da un virus discendesse un batterio?

I parassiti (amebe, protozoi, ecc.), poi, sono una ulteriore specializzazione del mondo dei germi: esseri ben più grandi ed organizzati dei batteri: simili a piccoli vermi con piena capacità di vita autonoma.

Tutti nemici?

In tre secoli di batteriologia ed uno solo di virologia abbiamo identificato qualche migliaio di specie batteriche e poche centinaia di specie virali: sostanzialmente alcune di quelle patogene per l'uomo.

Le abbiamo nominate e caratterizzate identificando alcune sostanze proteiche specifiche che spesso abbiamo chiamate antigeni, spesso localizzate sulla superficie esterna di batteri e virus.

Solo da pochi decenni, grazie alla biologia molecolare, siamo entrati nel loro interno ed abbiamo letto il loro acido nucleico, consentendo quindi una identificazione unica di specie e di singolo individuo: la lettura della sequenza di aminoacidi del loro acido nucleico e quindi del loro patrimonio genetico.

Ma quante specie di batteri, virus e parassiti esistono?

Facciamo un esempio: i virus dell'influenza. Conosciamo oggi 9 virus influenzali, nominati grazie all'identificazione di due proteine della capsula esterna del virus che racchiude l'acido nucleico: la Neuraminidasi (N) e l'Emagglutinina (H) due elementi che permettono l'attacco del virus influenzale su una cellula ospite: quindi abbiamo virus H3N2 (quello stagionale), H1N1 (tra cui quello della recente pandemia) ed altre poche combinazioni di H ed N. Ma sappiamo che esistono almeno 9 tipi di Emagglutinina e 14 tipi di Neuraminidasi; la loro semplice combinazione ci porterebbe ad ipotizzare (9x14) 126 tipi diversi di virus, ben più dei nove noti; questo solo a tener conto di N ed H, ma quante altri tipi ne esistono?

Inoltre i virus influenzali spesso mutano: nuovi tipi emergono e, forse, altri tipi scompaiono! Una spirale senza numeri!!

Ben più veloci di un computer!!

Dobbiamo ricordarci che la riproduzione dei virus avviene a spese di una cellula ospite ove il virus penetra ed im-

mette il suo acido nucleico; con rapidità inimmaginabile si avvia un processo di smontaggio di questo acido e di rimontaggio di sequenze analoghe dello stesso acido: ne risulta che da una cellula escono milioni, miliardi di virus figli.

La loro prolificità è sbalorditiva: i più frenetici possono dar vita a una nuova generazione in meno di 10 minuti. *Clostridium per-fringens*, l'odioso batterio che causa la cancrena, può riprodursi in 9 minuti e ricominciare subito a dividersi. «Con un'adeguata fornitura di nutrienti, una sola cellula batterica può generarne 280.000 miliardi in un solo giorno», secondo il biochimico e premio Nobel belga Christian de Duve. Nello stesso lasso di tempo una cellula umana riesce a malapena a dividersi una volta.

La rapidità di riproduzione di un singolo virus in una singola cellula non ha eguali in biologia: miliardi di operazioni al secondo!!

Mutazioni e adattamenti

Tutte esatte? Non proprio: isoliamo da un organismo vivente un virus e ne leggiamo l'esatta sequenza genetica; dallo stesso individuo ripetiamo un isolamento virale ed anche di questo leggiamo l'intera sequenza dell'acido nucleico: non è mai l'esatta riproduzione del primo virus; infatti i virologi, quando confrontano virus simili per la loro sequenza genica parlano di "proporzione di Omologia" solo una parte (80-90%) della sequenza del secondo virus è identica alla prima, un'altra piccola parte non lo è: alcune delle decine di migliaia di "basi" aminoacidiche della spirale di acido nucleico del nuovo virus non sono nello stesso posto del virus genitore: la riproduzione è "sbagliata".

Ma questi errori assai raramente modificano la specie: nella stragrande maggioranza degli eventi sono ininfluenti sulla caratterizzazione di quel virus.

Abbiamo infatti prove che, anche nei secoli e nei millenni, molti virus sono rimasti sostanzialmente uguali: studi di viropalontologia ci dicono che sequenze di genomi virali identificate nelle mummie dei Faraoni egiziani 3.500 anni fa, non sono dissimili agli stessi virus di oggi. Ma allora perché sbagliare?

L'errore nella riproduzione genetica è un altro fondamentale meccanismo di sopravvivenza!

Grazie alla sommatoria degli sbagli ripetuti, infatti, i virus ed anche, se pur meno, i batteri, creano le condizioni per modificare il loro patrimonio informativo e, quindi, si possono adattare a nuove condizioni ambientali, costruendosi quindi solide nicchie ecologiche che ne assicurano la discendenza.

Circa una volta ogni milione di divisioni anche i batteri producono un batterio con una sequenza di acido nucleico diversa dal genitore: un mutante; talvolta questa "mutazione" è funzionale ad affrontare e risolvere rischi vitali, quali l'offesa portata dagli antibiotici: una mutazione potrà determinare una resistenza a quell'antibiotico, oppure un adattamento a diverse condizioni ambientali, infine un adattamento ad una diversa specie ospite quale il passaggio di un'infezione da un ambiente animale all'uomo.

Inoltre batteri e virus possono condividere pezzi della propria informazione genetica. Ogni batterio è in grado di prelevare informazioni genetiche da qualsiasi altro batterio condividendo un unico pool genico.

Germi ambiente e animali

Nati per l'uomo

I germi non sono nati per l'uomo: prova evidente è l'infrequente, ma esistente, salto di specie parassitaria: buona parte delle malattie infettive dell'uomo non nascono nella specie umana, ma sono

adattamenti di precedenti zoonosi, infezioni degli animali non umani.

La peste bubbonica ne è emblema storico: una malattia dei ratti causata da un batterio, la *Pasteurella pestis*, trasmessa da ratto infetto a ratto sano da una pulce, la quale, nel fare i suoi quotidiani pasti di sangue di topo, sugge sangue dal topo ammalato e lo digerisce; purtroppo però la malattia ammazza il topo che diventa corpo freddo; la pulce si vede costretta a cercare un altro topo vivo e caldo, quando lo punge per il suo pasto, vomita nel canale del suo pungiglione un po' di saliva contenente un potente anticoagulante (eparina) così che il sottilissimo tubicino non si otturi dal sangue coagulato: la sua saliva, però contiene un po' di Pasteurelle, residuo del precedente pasto, e quindi la pulce inietta l'infezione nel nuovo topo.

Quando una buona porzione della popolazione murina di quell'ambiente muore di peste, la pulce comincia a trovare sempre più con difficoltà corpi caldi: perché no, allora, saltare sul più vicino corpo caldo disponibile? L'uomo!

A quel punto le pulci si adattano all'ambiente dei corpi umani e diffondono velocemente la pestifera epidemia da uomo ad uomo.

Almeno il 70% delle malattie infettive dell'uomo oggi note ha dei predecessori animali: la salmonellosi è tipica di maiali e pollame, come anche l'influenza, l'epatite ha simile malattia nei topi, la malaria colpisce le zanzare e involontariamente queste talvolta la trasmettono all'uomo, lo stesso AIDS ha genitori nel mondo dei primati, l'Ebola è malattia dei selvatici e dei pipistrelli delle foreste tropicali e così via; altre malattie infettive trovano nell'ambiente, più che nell'uomo, il loro habitat naturale: è il caso dei vibrioni del colera, delle legionelle, ma anche della maggioranza dei virus enterici; infine per poche malattie vedono l'uomo come unico serbatoio e target: tra queste la poliomielite, morbillo, varicella.

Epidemie e ambiente

L'ambiente è un fondamentale determinante del rischio epidemico: temperatura, umidità, tipo di suolo, fenomeni atmosferici, migrazioni animali ed altri, fortemente influenzano il rapporto tra germi e uomo e possono quindi contribuire significativamente allo scoppio di epidemie.

Anche l'ambiente costruito dall'uomo può essere corriere di rischio epidemico: il tessuto urbano, l'inquinamento atmosferico, l'umidità delle case, la produzione ed il consumo di cibo, la vicinanza con animali, sono stati associati a rischi epidemici. Ancor più l'ambiente sanitario, gli ospedali, ove una costante pressione selettiva di antibiotici e disinfettanti di fatto fa emergere colonie nosocomiali resistenti agli antimicrobici. Molto è noto della relazione epidemie ed ambiente, ma molto ancora non si sa con precisione. Di fatto l'uomo interagisce fortemente con l'ambiente e con i germi in esso contenuto non solo nella manipolazione, ma anche con la sua suscettibilità: anche i germi patogeni, come altri milioni di germi che albergano in noi, tendono a creare una Herd Immunity senza provocare malattia, una sorta di vaccinazione naturale ove l'organismo umano, incontrando patogeni a basse dosi infettanti tali da non provocare la malattia, acquisisce permanente memoria difensiva verso quello specifico germe. Questo virtuoso e delicato equilibrio viene rotto per il sopraggiungere di speciali condizioni ambientali (tipica la moltiplicazione della dose infettante in animali/cibo) o di particolari suscettibilità degli ospiti umani.

Infine bisogna considerare la grande capacità evolutiva dei germi: in un solo giorno vivono l'equivalente di molti millenni di vita umana! Si adattano, mutano il proprio codice genetico, sviluppano strategie di sopravvivenza. Ecclatante il contrasto con la teoria evolutiva darwiniana visibile nel frequente fenomeno (vedi Pandemia

influenzale suina) di due diversi agenti infettivi, ospitati in un unico ospite, danno evoluzione ad agenti nuovi con patrimonio genetico combinazione dei due agenti conviventi. Gli esempi del rapporto ambiente ed epidemie sono tanti: se ne cita qui soltanto qualcuno recentemente visto nel nostro Paese.

L'avvento della Zanzara Tigre, probabilmente trasportata in liquido residuo di un carico di copertoni per automobili pervenuto a Genova, ci ha portato la chikungunya, una malattia virale finora ignota nel paese; la febbre di Dengue e la West Nile appaiono in Europa grazie all'aumento medio della temperatura. Molte malattie infettive ancora mostrano una forte stagionalità, non del tutto spiegabile da temperatura ed umidità: le infezioni respiratorie, alcuni esantemi preferiscono il freddo, ma perché il virus della varicella ami il caldo non è noto.

Storia epidemica

L'inizio dell'epopea umana vede gli ominidi in piccoli gruppi nomadi che vivevano di raccolta di alimenti selvatici e di caccia: micro comunità con una attesa di vita breve e ben poca probabilità di scambi contagiosi.

Quando inizia la stabilizzazione delle popolazioni umane, da molti datata in circa 15.000 anni fa, molto presumibilmente nel territorio della "mezza luna d'oro" l'antica Mesopotamia, oggi Iraq, Iran, Afganistan e Turchia orientale, si è aperta la possibilità di contatti stretti tra popolazioni, fino allora gruppi sparsi di cacciatori e raccoglitori: l'agricoltura segna la fine del nomadismo e l'insediamento stabile di popolazioni e si avvale presto della domesticazione di alcuni animali, si formano comunità relativamente grandi insediate in villaggi: aumenta considerevolmente la probabilità di contatto tra persone ed anche tra persone ed animali.

Inoltre la stabilizzazione rende le popolazioni più esposte alle influenze ambientali ed agli eventi stagionali.

Il progressivo esaurimento della fertilità dei terreni occupati spinge alla migrazione verso altri luoghi ed avvia il viaggio continentale delle epidemie.

Il successivo sviluppo delle colonizzazioni, delle guerre, dei trasporti, del commercio, contribuiscono alla diffusione dei contagi, ma anche alla definitiva umanizzazione di germi fino allora raramente vicini all'uomo.

Le epidemie modellano la storia

La documentazione su grandi epidemie inizia circa 6.000 anni or sono in Cina, da allora sempre più ricco è il reportage sulla frequenza periodica sistematica di grandi epidemie che catastroficamente colpiscono grandi popolazioni.

Le epidemie diventano uno dei principali determinanti dell'evoluzione sociale nella storia dell'umanità. Ben più delle guerre e delle carestie le epidemie hanno un importante ruolo di contenimento dello sviluppo demografico ed anche delle positive migrazioni e nuove colonizzazioni di popoli in fuga dai germi. Non furono i cavalli ed i fucili di Cortez a sconfiggere gli Atzechi. Bensì i virus del morbillo, del vaiolo e la tremenda spirocheta della sifilide.

La disperata ricerca del motivo di tante sofferenze causate dalle epidemie conduce dritto al divino: le epidemie sono castighi divini o frutto di capricci del cielo.

I greci raffinano queste ipotesi definendo la teoria dei "miasmi" che persisterà per millenni fino alla scoperta della batteriologia da parte di Lister e Pasteur. Di fatto le epidemie contengono l'esplosione demografica: ogni ventennio decimano le popolazioni, privilegiando bambini e vecchi specie nelle classi più povere: una crudele razionalizzazione

che mantiene un precario equilibrio demografico e sociale.

L'influenza spagnola del 1918, con i suoi 50 milioni di morti è l'ultimo taglione demografico, le epidemie continuano in tono minore, ma soprattutto non ammazzano come prima: scoppia l'esplosione demografica mondiale.

Ma come viaggiano virus e batteri?

Oggi, grazie anche alle moderne tecniche epidemiologiche e alla diagnostica molecolare, si è in grado di interpretare i pattern epidemici con notevole precisione, anche se non si è finora riusciti a contenerne l'impatto patologico: ancora oggi le malattie infettive sono la principale causa, nel mondo, di mortalità e morbosità; in particolare è possibile rintracciare i percorsi che i germi continuamente compiono.

Tradizionalmente germi infettanti hanno viaggiato con le grandi migrazioni degli animali e degli uccelli, ma anche, ben più lentamente, con flussi migratori umani e con eserciti in guerra, scarsamente pure a bordo di lenti navi.

Oggi è possibile vedere come la velocità dei viaggi infettivi si acceleri continuamente: aerei, treni, navi, movimenti di migranti e di profughi, diventano efficaci trasportatori di germi, quasi sempre trasportando individui infetti, ma anche insetti vettori ed animali contagiati.

Se l'influenza spagnola del 1918 ci mise 16 mesi per attraversare il Pacifico, nel 2006 la SARS in una notte ha viaggiato da Hong Kong, Cina, a Toronto, Canada, con disastrose rapide conseguenze.

specie mai vissute sono ormai estinte. Mentre la perdita di specie "ridondanti", poco visibili quali microbi, può essere appena percettibile, perdite più ampie di intere popolazioni, gruppi di specie affini (cladi) o specie che condividono particolari morfologie (per esempio corpi di grandi dimensioni) o attributi funzionali quali meccanismi di alimentazione, può avere effetti profondi, portando al crollo di interi ecosistemi e lo sterminio di grandi dinastie evolutive.

Per i germi estinzione ed emergenza sono vocaboli molto familiari: lo scambio genetico gioca un ruolo determinante nell'evoluzione di molti batteri. La recente disponibilità di nuovi dati sulla sequenza di nucleotidi da più membri di diversi generi batterici ha permesso studi comparativi che hanno rivelato molte caratteristiche di questo processo: tantissime specie batteriche scompaiono e tante nuove ne emergono.

La biosfera contiene numeri astronomici di microrganismi viventi che appartengono a un numero indeterminato di specie. Una interpretazione della loro intensissima vitalità potrebbe essere che l'abbondanza di microrganismi guida la loro dispersione, rendendoli onnipresenti e costruendo una moderata ricchezza globale della specie.

L'idea dell'uomo di poter sconfiggere o controllare le specie microbiche è solo ridicola, anche se è possibile eliminare singole malattie infettive eliminandone l'agente dal globo come è successo per il vaiolo e sta per accadere per la Poliomielite.

Estinzioni, emergenze e riemergenze

Emergenze e riemergenze

Estinzione

L'estinzione è una parte fondamentale della natura – più del 99% di tutte le

Secondo quanto riferisce *A Variegated Squirrel Bornavirus Associated with Fatal Human Encephalitis* sulla rivista *New England Journal of Medicine*, un'encefa-

lite ha ucciso alcuni allevatori di scoiattoli negli Stati Uniti.

Di fatto, da quando sono disponibili tecniche diagnostiche molecolari, non passa settimana senza che sia “scoperta” una nuova malattia infettiva, in gran maggioranza di origine animale.

Nuovi virus e batteri? No, piuttosto nuovi riconoscimenti, ma anche nuovi tipi di germi di specie già note ed anche nuove ricombinazioni di germi mai viste prima (il caso della pandemia influenzale del 2009).

Spesso si tratta di riconoscimenti etiologici di malattie di cui solo in parte conoscevamo l'etiologia; è proprio il caso delle encefaliti: conosciamo un limitato numero di agenti patogeni che possono causare un'encefalite, ma ancora molte encefaliti restano senza l'identificazione di un agente etiologico, stessa cosa per le polmoniti, per molte gastroenteriti ed anche per tante febbri delle prime vie respiratorie, mal di gola e raffreddori.

Ormai le malattie infettive emergenti sono diventate un peso significativo sulle economie globali e sulla salute pubblica. Si è a lungo ipotizzato che la loro comparsa fosse determinata da fattori socio-economici, ambientali ed ecologici, ma solo recentemente studi hanno dimostrato il legame tra questi fattori e le malattie emergenti: uno studio ha analizzato le malattie emergenti tra il 1940 ed il 2004 ed ha dimostrato come queste sono aumentate in modo significativo nel corso del tempo dopo l'avvento della PCR (diagnostica molecolare di acidi nucleici) con un picco di incidenza nel 1980, in concomitanza con la pandemia di HIV. Il 60% proveniva da zoonosi originarie da fauna selvatica e stanno ulteriormente aumentando in modo significativo nel corso del tempo.

Adeguatezza delle risposte

La recente epidemia di Ebola nell'Africa occidentale ha mostrato tutta l'inade-

guatezza della nostra società nell'affrontare rischi epidemici.

Oltre 25.000 casi con oltre 15.000 morti, un migliaio di medici e infermieri colpiti: un bilancio di guerra, per una patologia nota da cinquant'anni e dimostratamente contenibile: una pronta identificazione della malattia avrebbe potuto contenere lo scoppio epidemico a ben pochi casi e qualche decesso: in fatti l'isolamento e le misure fisiche di protezione sono efficaci nell'evitare il contagio.

Così è avvenuto in recenti epidemie di Ebola in Uganda ed altri paesi africani.

Anche la risposta alla pandemia influenzale del 2009 è stata inadeguata e ha provocato ben più danni sociali ed economici che sanitari. Stessa cosa per la SARS del 2004 e così via: il mondo umano attuale non è preparato ad affrontare quella che è la naturale evoluzione del mondo microbico.

L'arrivo a Milano di un paziente non identificato con Ebola provocherebbe certamente un focolaio epidemico; ma è altamente probabile che, in pochi giorni, l'epidemia sarebbe identificata e circoscritta: non è stato così in Guinea nel 2013, come in Haiti, ove, a distanza di anni dall'inizio dell'epidemia, il colera ancora devasta quel paese. Insomma l'inadeguatezza è soprattutto, ma non solo, a carico dei paesi più poveri, mentre la maggioranza delle risorse globali per contrastare la comparsa di nuove epidemie sono mal ripartite, con la maggior parte dello sforzo scientifico e di sorveglianza incentrato sui Paesi ricchi ove è meno probabile che emerga il nuovo contagio epidemico.

Che fare

Appare evidente che bisogna bene aprire gli occhi: aumentare molto considere-

volmente la capacità di osservare, studiare il mondo dei microbi: la sorveglianza, le reti di diagnostica rapida, le strutture di risposta d'emergenza, non possono essere appannaggio di pochi paesi ricchi, ma devono aver una vera distribuzione globale, possibilmente con una gestione indipendente come quella ONU. Non serve coprirsi di disinfettanti ed antibiotici, l'igienismo personale è cosa antica di provata inefficacia: solo il comune lavaggio delle mani è dimostratamente efficace. Serve invece un forte cambio di mentalità: rispetto verso i germi, fautori della nostra vita bella; niente ostracismo, men che meno stigma contro popoli untori. Va perseguito un moderato equilibrio di convivenza: mai vinceremo la battaglia contro i germi, perché questa è battaglia inutile e costosa: dobbiamo capirli meglio, costruire strumenti che ci permettano di vederli bene e presto, dobbiamo contrastare le condizioni sociali ed ambientali che determinano loro involontarie aggressioni alla nostra specie.

Bibliografia

- Bailey N.T.J. (1957) *The Mathematical Theory of Epidemics*, Griffin, London.
- Brison W. (2008) *Piccola storia di quasi tutto*, Tea.
- Didelot X., Maiden M.C.J. (2010) "Impact of recombination on bacterial evolution", *Trends in Microbiology* 18.7: 315-322.
- Fine P.E.M. (1993) "Herd Immunity; History, Theory, Practice", *Epidemiologic Reviews* 15:265-302.
- Finlay B.J., Ken J.C. (1999), "Ubiquitous dispersal of microbial species", *Nature* 400.6747: 828-828.
- Greenwood M. (1935) *Epidemics and Crowd Diseases. An Introduction to the Study of Epidemiology*, Williams and Norgate, London.
- Hamer W. (1928) *Epidemiology Old and New*, Kegan Pau, London.
- Heard M.J. et al. (2013) "The threat of disease increases as species move toward extinction", *Conservation Biology* 27.6: 1378-1388.
- Jablonski D. (2004) "Extinction: past and present", *Nature* 427.6975: 589-589.
- Jones K.E. et al. (2008) "Global trends in emerging infectious diseases", *Nature* 451.7181: 990-993.
- Parrish C.R. et al. (2008) "Cross-species virus transmission and the emergence of new epidemic diseases", *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 72.3: 457-470.
- Zimmer S.M., Burke D.S. (2009) "Historical perspective – emergence of influenza A (H1N1) viruses", *New England Journal of Medicine* 361.3: 279-285.

I due volti della catastrofe

Pietro Greco

Le catastrofi sono “il preludio della complessità”, recitava il sottotitolo di un libro pubblicato in seconda edizione nel 2002 da Tito Tonietti e intitolato, appunto, *Catastrofi*. Lo storico della scienza si riferiva, in realtà, alle catastrofi come enti matematici presi in esame tra gli anni '60 e gli anni '80 del secolo scorso, da René Thom. La “teoria della catastrofi” del francese, matematico di gran classe e vincitore tra l'altro di una Medaglia Field, è un'ipotesi scientifica – anzi, un modo di vedere il mondo, in punta di matematica – che ha goduto di grande interesse e ha suscitato vivaci reazioni prima di essere (ingiustamente) dimenticata a vantaggio del (ri)emergere delle teorie del caos deterministico e dei sistemi complessi.

Sulla teoria di René Thom e sull'evoluzione, a volte catastrofica, dei sistemi dinamici non lineari ritorneremo. Per ora diciamo che quel sottotitolo al libro di Tonietti, “preludio della complessità”, si attaglia perfettamente non solo ad astratte costruzioni matematiche, ma alla concreta realtà fisica, ivi inclusa quella biologica. La crescita della complessità nell'universo e anche in quella sottile coltre, chiamata biosfera, che avviluppa il nostro piccolo e marginale pianeta, la Terra, è spesso preceduta e vivificata da una crisi catastrofica.

Per cui la catastrofe non solo è un elemento costitutivo a ogni livello del nostro mondo – che è un cosmo, un tutto

armoniosamente ordinato secondo l'intuizione dei primi filosofi greci, anche perché puntuato da eventi catastrofici – ma ha due facce, in apparenza opposte: quella tragica della distruzione e quella epica della (ri)costruzione su fondamenta nuove e spesso più solide delle antiche. D'altra parte, ci informa il vocabolario Treccani, la parola catastrofe non significa affatto annichilimento, ma rovesciamento o rivolgimento. Insomma, cambiamento: anche se magari un po' brusco.

Alle catastrofi (ad alcune catastrofi) noi *Homo sapiens* dobbiamo tutto. Non è stato forse un evento catastrofico quel Big Bang che, secondo il Modello Standard della Cosmologia, ha rovesciato le condizioni del vuoto quantistico e ha dato origine, 13,72 miliardi di anni fa o giù di lì, allo spazio, al tempo e al nostro universo pieno di materia ed energia (anzi di materia/energia)? Il Big Bang è stato il più grande e creativo evento catastrofico di cui abbiamo notizia. L'origine di tutto quanto. Più creativo di così...

Ancora, non è stata forse l'immane esplosione, meno di 5 miliardi di anni fa, di una *supernova* – una delle più straordinarie catastrofi che si verificano nel nostro universo – il preludio della complessità di cui siamo parte noi stessi e l'intero sistema della stella Sole, con tutti gli oggetti, con tutti gli atomi (o quasi) che lo costituiscono? Non siamo forse noi, il Sole, la Terra e tutti

gli astri erranti del sistema e tutti gli oggetti, viventi e no, che li popolano, letteralmente, “polvere di stelle” e figli di quella specifica catastrofe?

Quanto a noi, uomini sedicenti sapienti, dobbiamo concludere che siamo figli, in realtà, della successione scritta dalla storia – e quindi spiegabile *a posteriori*, ma molto difficile da prevedere *a priori* – di una serie lunga e fortunata di catastrofi. A iniziare dal tremendo impatto che, oltre 4 miliardi di anni fa, la Terra ha avuto con un altro pianeta, delle dimensioni di Marte per intenderci, e che ha generato la Luna, il fede satellite che stabilizza l’asse di rotazione del nostro pianeta e con esso il clima, impedendo una successione di altri eventi catastrofici – la Luna, questo è il bello della storia, è dunque figlia di una catastrofe che previene altre catastrofi – rendendolo più adatto alla nostra vita.

E tuttavia siamo, noi *Homo sapiens* con tutte le altre forme di vita attualmente presenti sulla Terra, anche figli di un’altra orrenda catastrofe, quella provocata da piccoli organismi capaci di fotosintesi, che all’incirca 2,5 miliardi di anni fa hanno reso il nostro pianeta un vero e proprio assurdo chimico, avvolto in una coltre di molecole tra le più aggressive che si conoscano: le molecole di ossigeno. Quegli organismi ne hanno prodotto tanto di ossigeno da avvelenare quasi tutte le altre forme di vita allora esistenti, da arrugginire tutto quanto c’era da arrugginire, o detto più propriamente da ossidare tutto quanto c’era da ossidare. Quando tutto è stato ossidato e l’ossigeno non aveva più nulla da aggredire, quel micidiale gas ha finalmente iniziato ad accumularsi nell’atmosfera. Quella lunga e tragica stagione, durata centinaia di milioni di anni e tutto sommato ancora in corso, è stata battezzata, non a caso, *l’olocausto dell’ossigeno*.

I sopravvissuti alla tragedia si sono adattati a queste condizioni lontane

dall’equilibrio chimico e hanno iniziato a utilizzare il terribile gas come combustibile. In altri termini si sono (ci siamo) adattati a vivere in una condizione di catastrofe chimica permanente.

Potremmo continuare, ricostruendo altri passaggi salienti della lunga serie di fortunate catastrofi che hanno portato fino a *Homo sapiens*. Potremmo ricordare il tragico sacrificio della fauna di Ediacara e la meravigliosa esplosione del Cambriano, che meno di 600 milioni di anni fa hanno consentito il definitivo trionfo della biodiversità e la nascita successiva di milioni di specie animali.

Ma ci preme sottolineare in particolare due tipi di catastrofi – quella discreta delle grandi estinzioni di massa che punteggiano la storia della vita animale e quella continua della tettonica a zolle – non solo per la loro intrinseca importanza, un’importanza decisiva per *Homo sapiens*, ma anche per la loro valenza, per così dire, pedagogica. Perché entrambe hanno molto da insegnarci.

Quella della vita animale sulla Terra, iniziata all’incirca 560 milioni di anni fa, è una storia di crescita progressiva e addirittura lineare di diversità. Nuove specie appaiono sulla Terra con continuità. Le specie nate sono molto più numerose di quelle morte. Cosicché in questi 560 milioni di anni il numero di specie animali non solo è aumentato, ma l’incremento è avvenuto a velocità linearmente crescente, con una sorta di moto uniformemente accelerato. Almeno a grana grossa. Perché di tanto in tanto nel corso di questa lunga storia si sono verificate delle vere e proprie estinzioni di massa. Delle catastrofi, appunto. Perché, in tempi relativamente brevi (di migliaia o decine di migliaia di anni) le specie che si sono estinte sono state nettamente superiori a quelle che sono nate. Per mera convenzione, quando la differenza tra le scomparse e le neonate raggiunge o supera il 60% delle specie

esistenti si parla di “grandi estinzioni di massa”.

Ebbene, dall’esplosione del Cambriano a oggi sono state registrate 5 “grandi estinzioni di massa”. La maggiore si è verificata nel Permiano, 225 milioni di anni fa, e pare che a morire sia stato il 96% delle specie viventi: davvero la vita animale e anche quella vegetale furono sull’orlo della scomparsa totale.

L’ultima grande estinzione di massa si è invece verificata nel Cretaceo, 65 milioni di anni fa. A estinguersi quasi del tutto (e, in parte, a evolvere) furono i dinosauri. Che lasciarono campo aperto allo sviluppo dei mammiferi. Ovvero ai nostri progenitori, che pare avessero la forma e le attitudini di topi più o meno grandi. Difficilmente l’uomo sarebbe apparso senza quell’ultimo, catastrofico evento. E senza quei topi capaci di sopravvivergli.

Ma, se non vogliamo essere del tutto antropocentrici, dobbiamo considerare che il bello delle grandi e piccole estinzioni di massa, ovvero il bello della tragedia, è che dopo ogni catastrofica moria in tempi brevi la vita ha recuperato e la biodiversità ha continuato ad aumentare lungo l’originaria linea ideale di crescita. Come se le estinzioni di massa, grandi o piccole, non fossero mai avvenute.

Non è semplice spiegare il perché di questo fenomeno. È come se la Terra offrisse alle specie viventi spazi di crescita e loro, le specie viventi, li occupassero tutti quegli spazi di biodiversità con ordinata ma progressiva abilità. La catastrofi delle estinzioni di massa intervengono provocando, appunto, rivolgimenti e cambiamenti, ma non scalfendo né la tendenza intrinseca a crescere della biodiversità né la potenza con cui manifesta questa sua tendenza. Ne potremmo concludere che le estinzioni di massa sono “catastrofi rigeneratrici”, che consentono all’evoluzione delle specie di conservare la sua straordinaria creatività.

Non si tratta di una lezione dal mero valore accademico. In questa fase storica, infatti, sembra proprio che stiamo andando incontro a una nuova estinzione di massa. Il numero delle specie che si estinguono è nettamente superiore a quello delle nuove specie che nascono. Anzi, il ritmo dell’estinzione sembra superiore persino a quello esperito nella grande estinzione del Permiano. Molti si chiedono e molti temono che stiamo andando incontro alla “sesta grande estinzione di massa”. Di qui la domanda: quando cesserà questa catastrofe, la biodiversità ritornerà a espandersi come in passato o qualcosa si è irrimediabilmente rotto nella sua vicenda terrena? E questo nuovo “generatore di catastrofe” – di una catastrofe che non sappiamo se reversibile o meno – si chiama forse *Homo sapiens*?

La seconda catastrofe pedagogica che conviene richiamare alla memoria è quella individuata, esattamente cento anni fa, da Alfred Wegener: la deriva dei continenti. Il geologo tedesco nel 1915 pubblicò un libro, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (la formazione degli oceani e dei continenti) in cui formulò l’idea di un fenomeno catastrofico continuo, la tettonica a zolle, secondo cui la crosta del nostro pianeta non è unita e compatta, ma frammentata in una serie di zatteroni che galleggiano sul magma incandescente del mantello terrestre e si avvicinano, cozzano e si allontanano in continuazione gli uni dagli altri. Questo grande motore catastrofico, la tettonica a zolle, è alla base di tante catastrofi minori (le eruzioni vulcaniche, i terremoti). Ma se ricordiamo qui la scoperta di Wegener non è solo perché quello vulcanico e quello sismico sono tra i rischi naturali più imminenti e pericolosi con cui abbiamo a che fare. E neppure è solo perché corre il centenario di quella teoria che ricompone magnificamente il puzzle dell’evoluzione geofisica, nel tempo profondo e nel

tempo umanamente percepibile. Ma è anche e soprattutto perché la teoria di Wegener fu a sua volta una catastrofe: una catastrofe culturale o, se volete, la proposta di un formidabile cambio di paradigma. Per questa sua forza dirompente fu a lungo screditata e persino derisa, prima di essere accettata e divenire il “modello standard” della geofisica.

Il valore pedagogico della vicenda è evidente. Una catastrofe culturale, ovvero un ribaltamento delle nostre più solide convinzioni, insomma, un cambio di paradigma, non avviene così facilmente. Deve vincere molte resistenze, molto più di una supernova che lancia il suo ultimo grido. Queste resistenze si annidano ovunque: anche in quel gruppo sociale programmaticamente aperto alle novità che è la comunità scientifica. Come diceva un conservatore che ha dato avvio alla catastrofe culturale dei quanti in fisica, Max Planck, una nuova idea capace di un rivolgimento culturale si impone quando la generazione portatrice della vecchia visione muore e sulla scena appare una nuova generazione. Va detto anche che, spesso, le nuove generazioni cavalcano in maniera spregiudicata il cambiamento catastrofico. Vendendo una bonaccia come fosse una tempesta. È il doppio volto della catastrofe culturale, reale o virtuale che sia.

Per inciso, di quella resistenza al cambiamento, di quella resilienza culturale di fronte al rivolgimento catastrofico di cui parlava Planck, è stato vittima, probabilmente, anche l'autore della teoria delle catastrofi, René Thom. Avversato da tanti suoi colleghi. Ma va detto pure – e lui ne era assolutamente consapevole – che il matematico francese è stato vittima anche delle spregiudicate cavalcate di nuove generazioni di studiosi che non sempre hanno compreso fino in fondo e rispettato il suo pensiero.

Non molti anni fa, Telmo Pievani ha esordito nella pubblicistica divulgativa con un libro intitolato *Homo sapiens e*

altre catastrofi. Affacciando l'idea che la nostra specie non è solo la figlia di una serie fortunata di tragiche catastrofi (che il lettore ci perdoni l'ossimoro, ma in natura gli ossimori esistono), ma ne è anche madre. E non sono catastrofi da poco, quelle che noi generiamo. Potremmo dire che questa nostra attitudine a generare catastrofi ci ha reso, unica tra tutte le singole specie viventi, attori ecologici globali. Capaci, per esempio, di attivare una “catastrofe climatica”, ovvero un significativo cambiamento del clima del pianeta, o anche una “catastrofe biologica”, ovvero una significativa erosione della biodiversità. È questa nostra attitudine a generare catastrofi locali e globali che ha indotto Paul Crutzen, premio Nobel per la Chimica, a definire Antropocene, ovvero modellata dall'uomo, l'era geologica in cui viviamo.

Ma l'uomo è una catastrofe particolare. È una catastrofe cosciente. L'unica catastrofe capace di riflettere e di intervenire su se stessa. E, pur se in maniera limitata, su molte delle altre catastrofi. È, se possiamo dirlo, una catastrofe di ordine superiore.

Diceva un grande fisico, Victor Weisskopf, che *Homo sapiens* è l'occhio con cui l'universo ha imparato a osservare se stesso. La riprova – una riprova – è proprio René Thom che ha studiato le dinamiche dei sistemi non lineari e ha spiegato con il rigore e la precisione della matematica come le catastrofi, con la loro furia distruttrice, possano diventare una forma di “distruzione creatrice”, preludio di una nuova stabilità e di una nuova complessità. Straordinario occhio, quello di René Thom, con cui l'universo scruta se stesso attraverso il buco delle catastrofi.

E tuttavia l'uomo non è solo l'occhio di cui parla Weisskopf. A noi, lo diciamo molto sommessamente, appare anche come il braccio, ma magari piccolo ma non del tutto inerte, con cui l'universo

sta imparando a intervenire intenzionalmente su se stesso. Capace (per ora, almeno) non di fermare tutte le catastrofi cosmiche, ma almeno di fermare o ridurre l'impatto di alcune piccole catastrofi locali. Sia naturali che prodotte da se stesso.

Questa capacità inedita (per quanto ne sappiamo) nell'universo non deve inorgolirci più di tanto. Perché una catastrofe cosciente non può limitarsi ad ammirare se stessa, ma ha il dovere – anch'esso inedito – di minimizzare i suoi effetti, se li ritiene non desiderabili. Una catastrofe cosciente ha il dovere, in qualche modo, di trasformarsi in una catastrofe umile, capace di tenere a freno la sua stessa potenza, distruttrice e creatrice.

Cosa fare perché *Homo sapiens* diventi una catastrofe umile? Beh, la prima cosa è fare come René Thom, attivare l'occhio e capire come funziona l'universo, catastrofi comprese. La seconda cosa è attivare il piccolo e incerto e umile braccio, cercando di modificare per quanto è possibile l'universo in modo da renderlo un luogo più desiderabile in cui vivere (e far vivere). Assumendo piena consapevolezza che in questo universo insieme di tanti sistemi dinamici non lineari basta, come insegnava un altro matematico francese, Jacques Hadamard, una piccola variazione delle condizioni iniziali per produrre grandi cambiamenti inattesi. Per produrre catastrofi.

Comportarsi da occhio e da braccio umile dell'universo presuppone l'esercizio di quello spirito critico di cui Thom e Hadamard sono straordinaria espressione. Il guaio è, sostiene Tonietti nel suo libro dedicato alla teoria della catastrofi di Thom, che talvolta questo spirito critico viene smarrito. Magari a causa di una catastrofe tecnologica. Se la teoria del francese è stata dimenticata, questa

è la tesi di Tonietti, è anche a causa di quella catastrofe tecnologica chiamata computer.

Al computer e alle sue capacità di calcolo affidiamo troppo responsabilità, dimenticando di cercare le spiegazioni profonde. Anche Weisskopf aveva simili perplessità. Le ha espresse con un aneddoto. Incuriosito dal fatto che i venti sull'Atlantico spirano in prevalenza da ovest verso est ha chiesto spiegazioni a un suo amico climatologo. L'amico ha acceso il computer e gli ha mostrato un modello di simulazione in cui i venti effettivamente spirano in prevalenza da ovest verso est. Al che Weisskopf ha risposto: «Ho capito. Lui, il computer, sa come. Ma noi sappiamo perché?».

Ma, come dicevamo, anche la catastrofe culturale ha una doppia faccia. All'inizio degli anni '60 il meteorologo Edward Lorenz verificò sul suo computer l'estrema sensibilità alle condizioni iniziali del sistema complesso clima di cui aveva parlato Hadamard e propose una metafora di successo: basta un battito d'ali di una farfalla per scatenare una tempesta (una catastrofe meteorologica) in Texas. Da quel momento in fatto di catastrofe clima – grazie anche ai computer – stiamo capendo sempre di più non solo il come, ma anche il perché.

La stessa catastrofe computer che ha provocato la distruzione del senso critico nell'amico di Weisskopf ha creato un nuovo senso critico, la capacità di prevedere, sulla base di scenari probabilistici e non deterministici, l'evoluzione della catastrofe climatica. Dimostrando che, se lo vogliamo, su quella catastrofe possiamo intervenire, per governarla per quanto possibile e cercare di indirizzare il futuro verso un approdo desiderabile.

Gli autori

Marco Ciardi

Università di Bologna.

Giulio Giorello

Università Statale di Milano.

Donato Greco

Epidemiologo, consulente OMS e ECDC.

Pietro Greco

Giornalista scientifico e scrittore, è direttore della rivista *Scienza & società* e condirettore del web journal *Scienzainrete*.

Ugo Leone

Già docente di Politica dell'Ambiente all'Università degli Studi di Napoli Federico II, è Presidente del Parco Nazionale del Vesuvio.

Telmo Pievani

Università di Padova Dipartimento di Biologia.