

COMMENTARY

10.1002/2017JB014274

Special Section:
Earth and Space Science is
Essential for Society

The leap in the dark: Geological thoughts about an unpredictable planet

M. Todesco¹ ¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna, Bologna, Italy

Il salto nel buio: considerazioni geologiche a proposito di un pianeta imprevedibile

M. Todesco¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna,
via Donato Creti, 12, 40128 Bologna, Italy
micol.todesco@ingv.it

Citation:

Todesco, M. (2017), The leap in the dark: Geological thoughts about an unpredictable planet, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 122, doi:10.1002/2017JB014274.

Received 6 APR 2017

Accepted 7 APR 2017

Punti chiave:

- I fenomeni naturali pericolosi sono spesso imprevedibili
- Una migliore comprensione dell'incertezza delle valutazioni scientifiche favorisce la mitigazione e la resilienza
- Le attività di disseminazione scientifica dovrebbero trattare l'incertezza nella scienza e sottolinearne le conseguenze

Traduzione del testo originale 'The leap in the dark: Geological thoughts about an unpredictable planet', *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 122, doi:10.1002/2017JB014274, su concessione dell'American Geophysical Union

L'articolo originale è disponibile gratuitamente online all'indirizzo:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2017JB014274/full>

Riassunto

Viviamo su un pianeta dinamico, in continua evoluzione. Per la maggior parte del tempo non ci rendiamo conto del suo continuo movimento, così lento che solo i satelliti lo percepiscono. Ma la calma è solo apparente e quando una catastrofe naturale ci colpisce possiamo percepire la grandezza delle forze in gioco. Le scienze della terra esplorano come e quando la quiete si rompe, ma non abbiamo un accesso diretto all'interno del nostro pianeta. Dobbiamo basarci su considerazioni indirette per definire fenomeni complessi che non siamo in grado di osservare o di riprodurre nei laboratori. Di conseguenza, la nostra conoscenza è incompleta e le nostre valutazioni sono gravate da un'incertezza inevitabile. Non dovremmo parlarne?

Introduzione

Stavo pensando a come scrivere questo testo quando l'Etna ha 'sbuffato' improvvisamente, ferendo una decina di persone (fra cui una troupe della BBC che ha poi pubblicato le immagini: <http://www.bbc.com/news/world-europe-39293086>). L'incidente ha coinvolto alcune persone che stavano osservando una colata lavica, apparentemente innocua, e che si trovavano a quella che si riteneva una distanza di sicurezza. È stato l'elemento decisivo che mi ha spinto a scrivere: l'Etna mi aveva appena fornito una rappresentazione tangibile dei miei pensieri.

Non ci sono misteri su ciò che è accaduto in cima al vulcano più alto d'Europa: una certa quantità di neve è stata trasformata in vapore al contatto con la lava caldissima. La rapida espansione del vapore ha quindi frammentato la roccia fusa, scagliandone brandelli abbastanza lontano da colpire le persone. Il motore dell'esplosione, in questo caso, è stata l'interazione fra l'acqua (sotto forma di neve) e il magma, un fenomeno ben conosciuto e capace di causare ciò che chiamiamo eruzioni "freato-magmatiche". Eventi simili sono capitati in passato sia all'Etna che su altri vulcani del mondo.

Eppure, quando un flusso lavico scende lungo un versante innevato non sempre quest'interazione diventa esplosiva: Internet è piena di immagini bellissime, scattate pochi giorni prima dell'esplosione da turisti che sono stati di fronte alla stessa colata, e senza conseguenze. Questo episodio illustra bene un aspetto tipico delle Scienze della Terra: un fenomeno naturale ci colpisce e gli scienziati da un lato non sono affatto sorpresi, e dall'altro non sembrano capaci di diramare avvisi tempestivi per limitare i danni.

Sappiamo che l'interazione fra neve e lava diventa esplosiva solo in condizioni particolari; sono necessarie quantità specifiche di neve e di lava: troppa neve solidifica la roccia fusa, mentre troppo poca non è in grado di rilasciare abbastanza energia, quando si trasforma in vapore; anche il modo in cui entrano in contatto conta: il trasferimento di calore è più efficiente se neve e magma si mescolano vigorosamente, come può succedere se la lava ruzzola lungo un versante ripido e ben innevato. L'esplosione è quindi il risultato della combinazione di molti fattori, e anche se conosciamo bene il fenomeno in teoria, in pratica non siamo in grado di

prevederlo. L'elenco dei processi che conosciamo ma non possiamo prevedere è molto lungo, nelle Scienze della Terra.

Conosciamo i contorni delle nostre zolle tettoniche e misuriamo perfino la velocità alla quale si muovono, identifichiamo le faglie attive e ricostruiamo la loro storia sismica; da tutte queste informazioni siamo in grado di sapere dove aspettarci i prossimi terremoti. Eppure, non possiamo sapere esattamente in che punto, quando e quanto la terra tremerà di nuovo: sappiamo, e non sappiamo allo stesso tempo.

Il filo rosso di questa apparente contraddizione è strettamente intrecciato agli eventi che hanno seguito il terremoto de L'Aquila del 2009, che ha causato più di 300 vittime. In seguito al disastro, alcuni scienziati e membri della Commissione Grandi Rischi, convocata per fornire un parere esperto sulla sequenza sismica, sono stati accusati di omicidio colposo [Cocco *et al.*, 2015; Bretton *et al.*, 2015]. Nel corso del processo, l'affermazione che i terremoti non si possono prevedere è stata spesso ripetuta assieme all'accusa di aver fornito al pubblico un'informazione incompleta, imprecisa e contraddittoria riguardo al pericolo imminente. Condannati al processo di primo grado, sei dei sette imputati sono stati assolti in appello, mentre la condanna dell'unica persona giudicata colpevole è stata ridotta. A prescindere da come è andata a finire, il processo ha posto drammaticamente la questione della responsabilità della scienza di fronte a fenomeni imprevedibili. La responsabilità civile e penale di chi fornisce un parere esperto è una questione aperta nelle società moderne (specialmente occidentali) dove la crescente esposizione ai rischi naturali si combina con una sempre minore disponibilità ad accettare le perdite che ne derivano [Meyer, 2010].

La legittima richiesta di un controllo pubblico sull'operato degli esperti sta spingendo la comunità scientifica verso la stesura di procedure e protocolli trasparenti, che definiscano chiaramente i ruoli e i doveri degli scienziati incaricati di assistere i processi decisionali. Organizzazioni internazionali come la IAVCEI (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth Interiors) stanno fornendo indicazioni utili in questa direzione [International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interiors (IAVCEI), 1999, 2016], 1999; 2016], seguendo le direttive delle Nazioni Unite (United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction UNISDR, 2015). L'identificazione delle cosiddette "buone pratiche" [Bretton *et al.*, 2015] da un lato migliora la nostra capacità di affrontare i fenomeni naturali, e allo stesso tempo garantisce un controllo equilibrato, che permetta di verificare la condotta degli scienziati senza gravarli con richieste o accuse irragionevoli. Tuttavia, la definizione delle buone pratiche e la loro acquisizione nell'apparato normativo dei vari paesi sono processi che richiedono tempi lunghi. Nel frattempo, rimane un certo grado di ambiguità riguardo all'effettiva responsabilità degli scienziati.

A questa ambiguità si aggiunge il fatto che gli scienziati stessi mostrano opinioni anche molto differenti riguardo al contributo e al ruolo che la scienza deve avere nella società. A questo proposito, è importante realizzare che, a prescindere dalla nostra opinione personale sul problema, esiste una percezione pubblica a proposito di quello che la scienza può o non può fare per la società. Questa percezione si forma

a prescindere da quello gli scienziati pensano: è il prodotto del discorso pubblico a proposito della scienza e riflette la cultura specifica di ogni paese, le sue strutture sociali ed incorpora non solo fatti, ma anche desideri, paure, credenze. Quando gli scienziati non parlano, o non parlano con voce sufficientemente forte, l'immaginario collettivo sulla scienza può allontanarsi significativamente da quello che gli scienziati pensano o intendono. In questi casi, ci si può trovare di fronte ad aspettative irraggiungibili o, al contrario, ad una totale mancanza di fiducia.

Queste considerazioni suggeriscono, una volta di più, che gli scienziati devono acquisire buone capacità di comunicazione. Se vogliamo che la scienza aiuti la società dobbiamo trovare il modo di condividerla con il maggior numero di persone possibile. Al giorno d'oggi, l'importanza della disseminazione scientifica è riconosciuta apertamente ad ogni livello, tanto che la divulgazione dei risultati è spesso una richiesta vincolante per molte agenzie che finanziano la ricerca scientifica, a partire dalla Comunità Europea.

Il problema è che spesso queste attività di divulgazione si concentrano su ciò che conosciamo bene, specialmente se non siamo di fronte ad una minaccia imminente. Raccontiamo come funziona il nostro pianeta, e magari aggiungiamo dettagliate descrizioni dei fenomeni naturali più pericolosi, assumendo il ruolo di chi possiede e dispensa conoscenza. Non c'è nulla di male in questo: il 'sapere' è nell'etimologia stessa della parola scienza. Però quello che sappiamo è solo una parte del nostro lavoro. Ci chiamiamo 'ricercatori' perché, per definizione, siamo alla ricerca di un sapere che non abbiamo, e il nostro lavoro diventa interessante quando affrontiamo cose che non comprendiamo fino in fondo.

Come scienziati, affrontiamo l'imprevedibilità intrinseca dei sistemi caotici, l'incertezza associata con le interazioni non-lineari fra sistemi dinamici, siamo in grado di gestire l'inaccuratezza delle nostre misure e di fare i conti con le limitazioni dei nostri modelli. Affrontiamo problemi che sono ben al di là della nostra portata, e siamo a nostro agio perché il metodo scientifico è uno strumento potente. Siamo abituati alla mancanza di conoscenza, e abbiamo le capacità tecniche e culturali necessarie a gestirla. Eppure, questo difficilmente traspare dalle nostre attività di disseminazione, dove raramente raccontiamo in che modo affrontiamo le tante cause di incertezza che incontriamo nel nostro lavoro. Anche quando ci proviamo, spesso non siamo in grado di fornire una descrizione adeguata e comprensibile dell'incertezza scientifica [Spiegelhalter et al., 2011; Doyle et al., 2014].

Forse abbiamo paura che persone prive di una formazione scientifica possano fraintendere le nostre parole, e temiamo che menzionare l'incertezza possa sminuire la nostra credibilità e competenza. Ma dovremmo ricordarci che l'esplorazione dell'ignoto è una caratteristica molto tipica degli esseri umani. Avventurarsi in regni inesplorati ci ha portato fuori dalle caverne, e ogni persona che vive sul pianeta sperimenta ogni giorno la difficoltà di prendere decisioni quando mancano informazioni rilevanti e l'esito delle nostre scelte è incerto. L'esperienza raccolta nel corso di tante emergenze ha mostrato che le persone possono affrontare l'incertezza del dato scientifico molto meglio di come gli scienziati immaginano [IAVCEI, 1999;

Newhall and Solidum, 2017], specialmente quando l'incertezza è espressa in termini positivi [*Morton et al., 2011*].

Sappiamo che la comunicazione funziona meglio quando è basata sulla fiducia reciproca. Forse è tempo di considerare il termine 'reciproco' nella pienezza del suo significato e cominciare ad aver fiducia nel pubblico che ci ascolta, considerandolo in grado di gestire informazioni spiacevoli e di comprendere le implicazioni dell'incertezza nelle Scienze della Terra. Come accennato sopra, quando si parla dello studio dei fenomeni naturali, sappiamo e non sappiamo allo stesso tempo. Cominciamo allora a parlare di quello che non sappiamo, di come facciamo quando affrontiamo ambiti scientifici inesplorati e come gestiamo la mancanza di informazioni. Troviamo modi efficaci per esprimere i diversi tipi di incertezza che limitano la nostra comprensione dei fenomeni naturali e della loro evoluzione. La nostra rappresentazione dei fenomeni guadagnerà profondità di campo se aggiungiamo le ombre e la prospettiva delle cose che non sappiamo. E nel sottolineare quello che ci manca, elencando quegli elementi che ancora non siamo in grado di vincolare, daremo anche maggior spessore alle informazioni di cui invece disponiamo, inserendole in un contesto più ampio.

Una discussione aperta e franca sui limiti della conoscenza scientifica – e su come si possono affrontare – può contribuire a rinforzare la fiducia nel metodo scientifico, che disgraziatamente non possiamo dare per scontata. Parlare di incertezza ci aiuterà a mettere in discussione la percezione diffusa che le nostre conoscenze siano una rappresentazione perfetta della realtà, e la scienza sia una ricetta salvifica che fornisce tutte le risposte, risparmiandoci la fatica e la responsabilità di scegliere, e di prendere decisioni. Quando parliamo di incertezza, rendiamo chiaro a tutti che la scienza non può indicare o prescrivere la strada giusta da seguire.

La scienza può invece fornirci strumenti efficaci per confrontare diverse opzioni, per bilanciare i pro e i contro di ogni scelta, o per quantificare le probabilità di eventi futuri. La scienza può guidare le nostre scelte permettendoci di analizzarle. Malgrado i suoi limiti, ci mette a disposizione elementi razionali, basati sull'evidenza, che possiamo usare per impostare il discorso pubblico sui rischi naturali e per trovare un accordo sulle strategie di mitigazione migliori, promuovendo il coinvolgimento del pubblico nelle azioni proposte. Ma la società deve essere consapevole del fatto che la miglior decisione possibile, presa al meglio delle nostre capacità e sulla base di tutte le informazioni disponibili può ugualmente essere la decisione sbagliata, perché questo è proprio quel che si intende per incertezza. Non c'è modo di evitare questa sgradevole caratteristica della realtà, anche se il nostro approccio culturale, tecnologico e sicuro di sé, tende a negare e vorrebbe sopprimere ogni forma di vulnerabilità. La dolorosa consapevolezza della nostra vulnerabilità ci ha mantenuto vivi su questo pianeta per migliaia di anni: quando ci sentiamo vulnerabili intrecciamo relazioni e condividiamo risorse e responsabilità. La nostra coscienza collettiva si rafforza e la capacità della società di rispondere alle crisi aumenta. In questo senso, il riconoscimento e l'accettazione della vulnerabilità sono risorse potenti.

Proprio per questo, quando si tratta di rischi naturali è particolarmente importante condividere tutte le informazioni e fare in modo che ogni decisione venga discussa e condivisa [Newhall and Solidum, 2017]. Anche se le comunità coinvolte non partecipano al processo decisionale in modo diretto, ma solo attraverso i loro rappresentanti istituzionali, è importante che si rendano pienamente conto delle ampie ricadute delle scelte che vengono compiute a loro nome. Una migliore comprensione dell'incertezza scientifica e delle sue conseguenze rafforza le comunità rendendole più consapevoli. La consapevolezza favorisce il coinvolgimento nel processo decisionale e quindi agevola l'applicazione delle misure di mitigazione dei rischi, aumentando la resilienza della comunità [Paton *et al.*, 2001, 2008].

Il metodo scientifico e la partecipazione democratica sono due delle conquiste più avanzate del nostro sviluppo culturale. Dobbiamo servircene e sostenerle entrambe, parlando pubblicamente di scienza e di incertezza, gettando le basi per una comprensione migliore e più ampia dei fenomeni naturali che possono colpire la nostra società e accettando di saltare nel buio, insieme e come tutti gli altri, ma portando con noi il lume del pensiero razionale. Ne avremo bisogno, attraversando questi tempi inquieti.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare Lea Marmo e Costantino Marmo per la lettura attenta della versione originale inglese di questo testo e per gli utili suggerimenti. Desidero anche sottolineare il contributo di Stefania Danesi, che con la sua mente aperta e la lucidità del suo pensiero ha molto contribuito a sbrogliare il filo di queste mie considerazioni.

Bibliografia

- Bretton, R. J., J. Gottsmann, W. P. Aspinall, and R. Christie (2015), Implications of legal scrutiny processes (including the L'Aquila trial and other recent court cases) for future volcanic risk governance, *J. App. Volcanol.*, 4(1), 18, doi:10.1186/s13617-015-0034-x.
- Cocco, M., G. Cultrera, A. Amato, T. Braun, A. Cerase, L. Margheriti, A. Bonaccorso, M. Demartin, P. M. De Martini, F. Galadini, C. Meletti, C. Nostro, F. Pacor, D. Pantosti, S. Pondrelli, F. Quarenì, M. Todesco (2015), The L'Aquila trial. *Geol. Soc. London Special Publ.*, 419(1), 43–55, doi:10.1144/SP419.13.
- Doyle, E. E. H., J. McClure, D. Paton, and D. M. Johnston (2014), Uncertainty and decision making: Volcanic crisis scenarios. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10, 75–101, doi:10.1016/j.ijdr.2014.07.006.
- IAVCEI Subcommittee for Crisis Protocols (Newhall C., S. Aramaki, F. Barberi, R. Blong, M. Calvache, J.-L. Cheminee, R. Punongbayan, C. Siebe, T. Simkin, R. S. J. Sparks, W. Tjetjep) (1999), Professional conduct of scientists during volcanic crises. *Bull. Volcanol.* 60, 323–334, doi:10.1007/PL00008908.
- IAVCEI Task Group on Crisis Protocols (Giordano G., R. Bretton, E. Calder, R. Cas, J. Gottsmann, J. Lindsay, C. Newhall, J. Pallister, P. Papale, and L. Rodriguez) (2016), Toward IAVCEI guidelines on the roles and responsibilities of scientists involved in volcanic hazard evaluation, risk mitigation, and crisis response, *Bull. Volcanol.*, 78, 31–33, doi:10.1007/s00445-016-1021-8.
- Meyer, R. (2010), Why We Fail to Learn From Disaster. In: M. Erwann & P. Slovic (Eds.), *The Irrational Economist. Making Decisions in a Dangerous World*, p. 564, Public Affairs Press, New York.
- Morton, T. A., A. Rabinovich, and D. Marshall (2011), The future that may (or may not) come: How framing changes responses to uncertainty in climate change communications, *Global Environm. Change*, 21(1), 103–109, doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.09.013
- Newhall C., and R. U. Solidum (2017), Volcanic hazard Communication at Pinatubo from 1991 to 2015. *Advances in volcanology*, p. 1-15, Springer, Berlin Heidelberg, doi:10.1007/11157_2016_43.
- Paton, D., M. Millar, and D. Johnston (2001), Community resilience to volcanic hazard consequences, *Nat. Hazards*, 24, 157-169, doi:10.1023/A:1011882106373.

- Paton, D., L. Smith, and M. Daly (2008), Risk perception and volcanic hazard mitigation: Individual and social perspectives. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 172, 179-188, doi:10.1016/j.jvolgeores.2007.12.026.
- Spiegelhalter, D., M. Pearson, and I. Short (2011), Visualizing Uncertainty About the Future. *Science*, 333(6048), 1393–1400, doi:10.1126/science.1191181.