

# Il rischio vulcanico: dall'empirismo al probabilismo

Paolo Gasparini

*I processi vulcanici sono fenomeni complessi il cui andamento può essere previsto solo con modelli probabilistici statistici nei quali la quantificazione delle incertezze inerenti i dati e i modelli è un requisito fondamentale. Ma si tratta sempre e solo di probabilità ed è possibile che si verifichi l'evento di probabilità minore o che le misure prese si rivelino eccessive. Non potendosi azzerare il rischio il parametro di riferimento è il rischio accettabile per una data comunità.*

**L**a gestione del rischio vulcanico, come quella dei rischi meteorologico e idrogeologico, riguarda un fenomeno che non arriva all'improvviso, come i terremoti, ma è spesso preannunciato da altri fenomeni. Nel caso delle eruzioni questi sono una serie di eventi (terremoti, sollevamenti del suolo, cambiamento della composizione chimica e della temperatura delle fumarole) concentrati in un'area abbastanza circoscritta e nota a priori. Spesso bisogna decidere cosa fare per mitigare gli effetti prodotti da variazioni delle caratteristiche eruttive di vulcani attivi da secoli (per esempio l'Etna, lo Stromboli o il Kilauea). Per prendere queste decisioni le autorità di gestione (e la stessa popolazione) si basano fortemente sul parere di coloro che studiano i vulcani, i vulcanologi. I vulcanologi solo da pochi decenni costituiscono un gruppo abbastanza integrato come saperi e approccio alla ricerca, ma sono stati a lungo separati tra ricercatori di origine fisico-matematica (geofisici, modellisti), chimica (geochimici, magmatologi, petrologi), naturalisti (geologi, sedimentologi), storici. Ognuno di questi settori tende a pesare in modo diverso i dati a disposizione. Ciò ha dato origine a frequenti incomprensioni e accanite dispute, minando il raggiungimento di una visione unitaria di ciò che sta per accadere, e a volte anche la credibilità del "vulcanologo".

L'attendibilità dell'informazione fornita dipende inoltre dalla qualità delle reti di monitoraggio del vulcano che non è la stessa dappertutto. Anzi la maggior parte dei vulcani del mondo non è monitorata da reti strumentali, ma solo attraverso i satelliti che li sorvolano.

In queste condizioni la previsione dell'evoluzione dell'attività di un vulcano e di una conseguente possibile eruzione è risultata spesso contraddittoria, confusa, difficilmente comprensibile per le autorità che devono gestirne gli effetti e per la stessa popolazione.

Questa situazione è andata decisamente migliorando negli ultimi decenni e, secondo molti vulcanologi, il caso che ha segnato il confine tra "il Medio Evo" e l'introduzione di metodologie più scientifiche nella gestione delle eruzioni vulcaniche è stata la sequenza di piccole eruzioni freatiche avvenute al vulcano La Soufrière dell'isola di Guadaloupe nelle Antille Francesi nel 1976.

All'inizio di quell'anno una serie di piccole esplosioni sulla sommità del vulcano lanciò proietti di vario tipo nell'interno dell'area craterica. Le esplosioni continuarono per diversi mesi. Il Prefetto dell'isola, preoccupato dal perdurare dell'attività, si rivolse agli esperti dell'*Institute de Physique du Globe* di Parigi (IPGP), diretto da Claude Allegre, geochimico francese di rinomanza internazionale (sarebbe poi diventato Ministro della Ricerca nel governo di François Mitterrand) e di Haroun Tazieff, diret-



Sommità del vulcano La Soufrière, sull'isola di Guadeloupe.

tore di ricerca al CNRS (il Consiglio Nazionale delle Ricerche Francese), il quale era a quell'epoca il vulcanologo francese di maggiore esperienza sull'at-



tività dei vulcani. I pareri furono diametralmente opposti: il gruppo di Claude Allegre sosteneva che la probabilità di una eruzione magmatica di grandi dimensioni fosse molto elevata (vicina al 100%), mentre Tazieff sosteneva che la probabilità che l'attività evolvesse verso eruzioni di maggiore portata fosse molto scarsa. Le autorità governative scelsero di non correre alcun rischio («voglio rischio zero» dichiarò il Prefetto) e evacuarono i circa 73.000 abitanti dell'intera zona occidentale dell'isola, la Basse Terre, provocando una brusca interruzione dell'attività economica prevalente di quella zona, la produzione di banane.

Il problema era che entrambi i pareri non erano altro che opinioni di esperti (*expert opinions*) basate su pochi dati: quella di Tazieff sul comportamento eruttivo che aveva riscontrato in altri vulcani, quella dell'IPGP su pochi e imprecisi dati sismici e di deformazione del suolo. Ai governanti non venivano forniti, al di là delle reciproche denigrazioni, elementi sufficienti per una scelta maggiormente consapevole.

Dopo tre mesi in cui non successe nulla di nuovo gli abitanti della Basse Terre cominciarono a premere sulle autorità per ritornare alle proprie abitazioni. Il Governo francese, non riuscendo ad ottenere un'opinione concorde, non ebbe altra scelta che istituire una commissione internazionale al di sopra delle parti che valutasse la situazione, e desse un parere sul quale basare la scelta di far tornare o non la gente alle proprie case.

La commissione era presieduta da uno dei maggiori sismologi dell'epoca, Frank Press del *Massachusetts Institute of Technology* (futuro consigliere scientifico di Jimmy Carter) e formata tra gli altri da Shigeo Aramaki che dirigeva la sezione vulcanologica dell'*Earthquake Research Institute* di Tokyo, da Gudmundur Sigvaldasson dell'Istituto Vulcanologico Islandese, da Richard Fiske dell'Os-

servatorio Vulcanologico delle Hawaii, da Franco Barberi (futuro Ministro della Protezione Civile Italiana nel governo Dini) che allora dirigeva le ricerche vulcanologiche del Progetto Finalizzato di Geodinamica, e da me che ero Direttore dell'Osservatorio Vesuviano.

La Commissione si riunì in novembre, cioè tre mesi dopo l'evacuazione, e constatò immediatamente come non vi fossero dati a sostegno della possibilità di un'eruzione magmatica perché:

- «le misure di deformazioni del suolo mostrano solo in una località un'evidenza di rigonfiamento, la quale può essere però spiegata in modo più semplice e prosaico»;
- «le evidenze sismiche sono inconcludenti per le grandi incertezze nella determinazione degli ipocentri... e i tremori sismici registrati non hanno le caratteristiche dei tremori vulcanici»;
- «non esiste evidenza di materiale magmatico nei proietti lanciati dalle esplosioni freatiche».

La Commissione concluse che le esplosioni erano molto probabilmente legate all'attività di una falda acquifera riscaldata (attività freatica) e che «la probabilità di avere una caduta di blocchi di dimensione pericolosa a distanze maggiori di un paio di chilometri dal cratere è molto bassa».

Fu messo in evidenza come qualsiasi opinione che comporti una previsione debba contenere le informazioni sui dati scientifici sui quali si basa e una stima delle incertezze sui dati. Nonostante riconoscesse la necessità di effettuare qualsiasi previsione in termini probabilistici quantitativi, la Commissione non fu in grado di farlo e basò il suo giudizio sulla mancanza di evidenze che diagnosticassero un contributo magmatico alle esplosioni.

Nel rapporto con le Autorità la Commissione mise in chiaro che la previsione,

compito degli scienziati, non deve contenere indicazioni sul comportamento da tenere per ridurre il rischio, ma deve limitarsi ad essere la base sulla quale i gestori dell'emergenza scelgono le misure da attuare.

Il Governo francese si convinse che la richiesta di rischio zero era molto ardua da rispettare, se non impossibile, e permise immediatamente il ritorno degli evacuati. Il danno economico sofferto fu di diverse centinaia di milioni di dollari. L'attività del vulcano declinò per ritornare ai livelli precedenti nell'aprile del 1977.

Questo caso portò all'attenzione dei vulcanologi la necessità di considerare i processi vulcanici come fenomeni complessi non lineari, il cui andamento può essere previsto solo con modelli probabilistici statistici nei quali la quantificazione delle incertezze inerenti i dati e i modelli è un requisito fondamentale. Ciò richiedeva un cambiamento concettuale nell'interpretazione delle osservazioni sui vulcani. I fenomeni osservati non dovevano essere più interpretati come semplici relazioni causa-effetto (questo tipo di terremoti porterà ad una eruzione di questo tipo, ecc.), ma devono essere parte integrante di un sistema costituito da un numero molto grande di variabili tra loro correlate e descrivibile solo con leggi probabilistiche.

Prima di allora il gestore dell'emergenza riceveva dalla comunità vulcanologica "opinioni esperte" del tipo di quelle che hanno provocato l'evacuazione della Basse Terre. L'opinione fornita dal vulcanologo conteneva esplicitamente o implicitamente la indicazioni sulle azioni da intraprendere per diminuire il rischio. È quanto accadde nel 1970 nell'area flegrea quando ci si accorse improvvisamente che il suolo si era sollevato di quasi un metro nella zona di Pozzuoli e cominciarono ad essere registrati piccoli terremoti nella stazione sismica più vicina, quella dell'Istituto di



Lo Stromboli.

Fisica Terrestre a Largo San Marcellino, a Napoli. Basandosi su questi pochi dati fu espresso un parere, necessariamente prudentiale, che provocò, tra mille polemiche politiche e scientifiche, la prima evacuazione del Rione Terra e la conseguente costruzione del Rione Toiano. Il rischio vulcanico era valutato con “opinioni esperte” o con approcci deterministici nei vulcani di tutto il mondo, inclusi i più monitorati come il Kilauea e i vulcani giapponesi.

Veduta del Rione Terra a Pozzuoli.



I vulcanologi sono stati spesso le prime vittime di valutazioni sbagliate. È quanto successo ad esempio sul vulcano Galeras, in Colombia, sul quale una piccola improvvisa esplosione uccise, nel marzo del 1993, sei vulcanologi che si erano recati sul cratere per effettuare misure geofisiche e prelievi di gas. L'autore di questo articolo, insieme a due suoi colleghi, Giuseppe Luongo e Lucio Lirer, ha rischiato la stessa fine quando è sceso nella piana craterica di Stromboli per prelevare campioni di lava durante la tranquilla eruzione del 1966. Mal interpretando un lungo periodo di intermittenza nelle esplosioni, risalirono appena in tempo sul bordo del cratere.

La tragedia più rilevante avvenne per la discordanza di opinioni sulla pericolosità del vulcano Unzen che una mattina di giugno del 1991 indusse Katia e Maurice Krafft, vulcanologi e autori di centinaia di foto e bellissimi film sui vulcani, ad entrare in una zona, che era stata interdetta dai vulcanologi giapponesi, insieme ad altre 41 persone tra le quali numerosi giornalisti e vigili del fuoco. Furono investiti da un'improvvisa nube piroclastica che li uccise. Il ripetersi di questi incidenti indusse la IAVCEI, l'Associazione Internazionale di Vulcanologia, ad elaborare un codice di comportamento per i vulcanologi.

Nel frattempo l'applicazione di metodi quantitativi probabilistici basati su dati di elevata attendibilità contribuì a diminuire i danni dell'eruzioni di molti vulcani. La spaventosa eruzione del Monte St. Helens, che avvenne nel 1980 negli Stati Uniti Nord Occidentali, fu un evento imprevisto, ma l'applicazione di metodi probabilistici alle susseguenti fasi eruttive fu molto efficace e semplificò molto la gestione delle emergenze. E così avvenne per l'eruzione del Pinatubo, una delle più grandi del XX secolo, avvenuta nel 1991 nell'isola di Luzon, nelle Filippine.



Soufrière, il vulcano dell'isola di Montserrat.

Circa 800 persone perirono, soprattutto a causa delle colate di fango generate dopo l'evento eruttivo principale, ma circa 60.000 persone furono salvate con una tempestiva evacuazione. L'esempio migliore dell'efficacia dei metodi quantitativi probabilistici nella gestione delle emergenze è costituito dall'attività eruttiva di un'altra Soufrière, il vulcano dell'isola di Montserrat, un'isola caraibica facente parte dei territori d'oltremare del Regno Unito. L'attività eruttiva iniziata nel 1997 è ancora in corso. Metà dell'isola è stata evacuata ed è tuttora interdetta. Le azioni di prevenzione degli effetti sono programmate con la necessaria frequenza basandosi sulle informazioni quantitative della probabilità di ogni tipo di evento (collasso di un duomo lavico, colate piroclastiche, lahars, ecc.) in una data finestra temporale (giorni, settimane, mesi).

Nel tempo, il numero dei vulcani ben monitorati sta aumentando drasticamente. Il miglioramento nella qualità dei dati a terra e satellitari e la disponibilità di calcolatori con capacità di analisi di giga o terabyte permettono l'elaborazione di complessi modelli quantitativi che forniscono ai gestori informazioni sempre più aderenti alla realtà.

Il punto da non dimenticare mai è che questi modelli, per quanto raffinati, forniscono sempre e solo probabilità ed è sempre possibile che avvenga l'evento di probabilità minore o che le misure prese si rivelino eccessive. È impossibile pretendere che le decisioni da prendere siano quelle che portano all'azzerarsi del rischio, piuttosto esso, calcolato attraverso le probabilità di accadimento di un dato scenario e delle sue conseguenze, deve avere come parametro di riferimento il rischio accettabile per una data comunità.

## Bibliografia

- Barberi F., Gasparini P. (1979) Letter to the editor, *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 6:1-2.
- Fiske R.S. (1984) *Volcanologists, journalists and the concerned local public: a tale of two crises in the Eastern Caribbean*. In: F.R. Boyd (ed.) *Explosive Volcanism*, National Academic Press, Washington, D.C.
- Press F., Aramaki S., Barberi F., Fiske R., Gasparini P., Sigvaldason S. (1976) *Report of the Soufriere Committee*, Ministère des Outre-mer, Paris.
- Sparks L.S.J., Aspinall W. (2004) *Volcanic activity: frontiers and challenges in Forecasting, Prediction and Risk Assessment*. In: *The state of the Planet: Frontiers and Challenges in Geophysics*, IUGG *Geophysics Monographs*, Vol. 19.