



Articolo

“Da per tutto il cielo sembrava di fuoco”: gli strani fenomeni atmosferici del 1821 in Trentino e una misteriosa eruzione

Isabella Salvador^{1*}, Marco Romano^{2,3}, Marco Avanzini¹

¹ MUSE - Museo delle Scienze, Trento, Corso del Lavoro e della Scienza 3, 38123 Trento, Italia.

² Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions und Biodiversitätsforschung, Invalidenstr. 43, Berlino, Germania.

³ Dipartimento di Scienze della Terra, “Sapienza” Università di Roma, P.le A. Moro 5, 00185 Roma, Italia.

Key words

- Eruzioni vulcaniche
- Laki
- 1821
- Diari meteorologici
- Trentino

Parole chiave

- Volcanic eruptions
- Laki
- 1821
- Meteorological diaries
- Trentino region

* Autore corrispondente:
e-mail: isabella.salvador@muse.it

Riassunto

La comprensione delle relazioni tra estesi fenomeni geologici e manifestazioni metereologiche a breve e lungo termine, è una conquista scientifica che può essere fatta risalire solo agli anni settanta del ventesimo secolo. Nonostante ciò gli effetti diretti o indiretti di eventi geologici particolarmente significativi non sfuggirono agli osservatori del passato ed ebbero spesso ricadute su credenze, folklore, opere artistiche e letterarie. Il presente contributo si basa su testimonianze, manoscritti e notizie registrate negli anni a cavallo tra XVIII e XIX secolo che mettono in evidenza effetti meteorologici anomali verosimilmente connessi ad attività vulcanica intensa. Tra questi, figurano le strane anomalie atmosferiche registrate nel diario meteorologico del fisico roveretano Giuseppe Bonfioli nel 1821, del tutto simili a quelle verificatesi nel 1783 in concomitanza all'eruzione del Laki.

Summary

Understanding the relationships between extensive geological phenomena and short and long-term meteorological manifestations is a scientific achievement that can only be traced back to the seventies of the twenty century. Despite this, the direct or indirect effects of particularly significant geological events did not escape the observers of the past and often had repercussions on beliefs, folklore, artistic and literary works. The present contribution is based on manuscripts and news recorded between the eighteenth and nineteenth centuries that highlight anomalous meteorological effects likely connected to intense volcanic activity. Among these, the “strange atmospheric anomalies” recorded in the meteorological diary of the physicist Giuseppe Bonfioli in 1821, quite similar to those occurred in 1783 in connection with the eruption of Laki.

Redazione: Valeria Lencioni e Marco Avanzini

pdf: http://www.muse.it/it/Editoria-Muse/Studi-Trentini-Scienze-Naturali/Pagine/STSN/STSN_96-2017.aspx

Introduzione

Lo studio delle relazioni tra grandi eruzioni vulcaniche e clima è una conquista abbastanza recente delle Geoscienze e della meteorologia *sensu lato*. Rare eccezioni sono rappresentate da autori dell'età classica, come ad esempio Plutarco che aveva rilevato come l'eruzione del 44 a.C. del Monte Etna avesse portato alla schermatura dei raggi solari cui era conseguito un generale raffreddamento dell'atmosfera, causa probabile delle carestie in Egitto e a Roma (Robock 2000).

In epoca moderna, Benjamin Franklin mise in connessione l'eruzione del Lakagigar in Islanda (1783) con l'estate fredda e con gli inverni molto rigidi del biennio 1783-1784 (Robock 2000) e Peter Mitchell, attorno al 1960, fu tra i primi a tentare di isolare l'effetto climatico di eruzioni vulcaniche storiche rispetto ad altre forzanti e fluttuazioni casuali (Mitchell 1970).

Dopo queste intuizioni isolate e quasi estemporanee, a partire dagli anni settanta del secolo scorso, in un periodo di grande fermento per le Scienze della Terra (e.g. Bosellini 1978; Miller 1985; Romano & Cifelli 2015a, 2015b; Romano et al. 2016), la letteratura conta un numero decisamente più consistente di contributi su questo tema (e.g. Lamb 1970; Taylor et al. 1980; Kelly & Sear 1984; Mass & Portman 1989). Le conclusioni cui di volta in volta giunsero gli studiosi furono tutt'altro che univoche e talora diametralmente opposte. Climatologi e vulcanologi come Landsberg & Albert (1974) fornirono evidenze per dimostrare, ad esempio, come l'eruzione del Monte Tambora del 1815 non avesse in realtà causato quello che stava diventando l'universalmente noto "anno senza estate" del 1816; un paradigma che era al contrario sembrato uno dei capisaldi in materia sin dai primi studi nella relazione clima-vulcani (e.g. Milham 1924; Hoyt 1958). Allo stesso modo, nonostante la presa di posizione di Stommel & Stommel (1979), che mettevano decisamente in relazione la fase climatica negativa del 1815-1817 con il forzante vulcanico, Angell & Korshover (1978) affermarono che il raffreddamento conseguente le eruzioni vulcaniche non fosse consistente o dimostrato. A rendere l'idea circa la complessità del fenomeno e le sue interpretazioni, pochi anni dopo, Mass & Portman (1989) costatarono che, sebbene una diminuzione di temperatura potesse essere collegata alla gran parte delle grandi eruzioni vulcaniche, non poteva essere al contempo dimostrata una relazione diretta tra l'entità delle eruzioni e l'entità delle anomalie negative di temperatura.

Nelle decadi successive gli studi sul rapporto tra vulcanesimo e clima sono proseguiti coinvolgendo un sempre maggior numero di discipline scientifiche, con il raggiungimento di risultati e sintesi convincenti. Di centrale importanza in questi studi sono state le prime analisi quantitative di eruzioni con l'elaborazione di indici atti a modellizzare il fenomeno. Tra questi possiamo citare il "*Lamb's Dust Veil Index*" (Lamb 1970, 1977, 1983), ideato per analizzare gli effetti delle eruzioni sul clima e sulla temperatura in atmosfera e in relazione alla circolazione dei venti a larga scala; il "*Mitchell Index*" (Mitchell 1970), derivante da serie temporali di eruzioni vulcaniche tra il 1850 e il 1968; il "*Volcanic Explosivity Index*" (Simkin et al. 1994), che fornisce una misura della potenza di un'esplosione vulcanica su base geologica; l'"*Ice Core Volcanic Index*" (Robock & Free 1995), derivato dallo studio di carotaggi nel ghiaccio, nel tentativo di costruire un record dell'acidità dei solfati contenuti. Grandi passi avanti sono stati fatti anche nell'interpretazione, sia teorica che sperimentale, dei fenomeni vulcanici esplosivi, per quanto riguarda ad esempio il trasporto di ceneri e aerosol nell'atmosfera e loro possibile monitoraggio (e.g. Camuffo & Enzi 1995; Oppenheimer 2003). A supporto dei modelli sono stati prodotti una quantità consistente di studi e nuove tecnologie, legate a branche come la geochemica, la sismologia, la geodesia, l'uso dei satelliti e del *remote sensing* (e.g. Hansen et al. 1997; Robock 2000; Oppenheimer 2003), connessi a capacità e possibilità di calcolo una volta

impensabili. Bay et al. (2004) hanno ad esempio messo in luce una connessione causale tra il vulcanesimo e il cambio secolare del clima, dimostrando che le perturbazioni indotte dalle eruzioni sono in grado di agire su lunga scala temporale. Secondo questi autori le eruzioni avrebbero effetto anche sui nutrienti disponibili nell'oceano (aumento del ferro solubile su ampie aree) e dunque sull'aumento di produttività di *phytoplankton*; quest'ultimo fenomeno, a sua volta, andrebbe a influenzare l'albedo generale e il ciclo globale del carbonio (sottrazione massiva di CO₂), influendo sul raffreddamento secolare dell'emisfero nord (Bay et al. 2004). Questo rende bene l'idea di quante variabili debbano essere tenute in conto per studiare l'interrelazione tra i vari fenomeni, con ricadute importanti non solamente sul mondo abiotico ma anche in relazione alla vita e alla sua capacità 'plasmatrice' del pianeta Terra stesso (e.g. Lovelock 1979; Kirchner 2002).

Molto prima che iniziassero a essere cercate relazioni tra eventi atmosferici e geologici, fenomeni climatici che scartavano dal 'normale' ciclo delle stagioni ciclo delle stagioni non passarono tuttavia inosservati a eruditi e studiosi. Questi eventi, o sequenze di eventi, andavano a perturbare l'"uniformità" di quelle "leggi fisiche dell'universo" (Anonymous 1816), che, intuite tra il quindicesimo e diciannovesimo secolo (Romano 2014), erano state portate alla loro forma più completa da Charles Lyell, e fissate, sotto la definizione di 'uniformitarianismo' (o attualismo) metodologico' (si veda Gould 1965; Rudwick 1972; Romano 2015).

Lo scostarsi del clima locale da quelle che erano le tendenze aspettate sulla base di una conoscenza empirica secolare e il materializzarsi di eventi climatici anomali nell'area alpina a cavallo tra XVIII e XIX secolo, hanno lasciato tracce tangibili su diari, registri, manoscritti e giornali dell'epoca (Salvador et al. 2018). Questi documenti permettono di ricostruire gli avvenimenti principali, la reazione generale della società dell'epoca e le numerose interpretazioni nella lettura di fenomeni così 'curiosi'.

Le fonti documentarie

In tutta Italia sono relativamente comuni i diari che, a partire dal XVI secolo, danno conto di accadimenti sociali o fatti di particolare rilevanza storica. A partire dalla metà del XVIII secolo, accanto alla cronistoria dei principali avvenimenti socio-politici, si affiancano annotazioni riguardanti anche gli eventi meteorologici di maggior rilievo: nascono così veri e propri diari meteorologici, dove, oltre ad appuntare temperature, precipitazioni, direzione dei venti, si descrivono note relative a fenomeni incomprensibili e forieri di stupore e preoccupazione.

A questo genere di cronache appartengono alcuni diari vergati in Trentino da eruditi e prelati: Diario delle messe di un anonimo curato di Cembra - manoscritto (Anonymous 1783-1816); Dati meteorologici raccolti dal Barone Emanuele Malfatti di Brentonico - manoscritto (Malfatti 1771-1893); Diario secolaresco e monastico di Giangrisostomo Tovazzi – 1754-1809 (Tovazzi 2006); Diari meteorologici dell'Abate Giuseppe Bonfioli - manoscritto (Bonfioli 1778-1839). Alcuni di essi, sebbene non rappresentino una novità assoluta in termini di contenuti, sono significativi in quanto vanno a integrare, per il contesto alpino e prealpino, una serie di osservazioni meteorologiche condotte nell'Italia nord-orientale tra la fine del XVIII secolo (Giuseppe Toaldo, Padova, 1719-1797), e i primi decenni di quello successivo (Jacopo Penada, Padova, 1748-1828 e Jacopo Filiasi, Venezia, 1750-1829). In particolare, i diari di Bonfioli e dei suoi contemporanei meglio descrivono una serie di eventi climatici che, tra XVIII e XIX secolo, avevano destato l'attenzione di tutti gli osservatori europei.

In questo lavoro ci soffermiamo sugli strani fenomeni atmosferici del 1821 e sulla similitudine con quanto venne riscontrato nell'estate del 1783.

Lo strano clima del 1821

In Trentino la primavera del 1821 fu particolarmente fredda e piovosa. A maggio la diminuzione delle temperature si fece sentire in tutto l'arco alpino “e di neve coprironsi le vette alpine, mentre che così libere n'erano state l'inverno” (Filiasi 1821). Il freddo rimase intenso fino a fine giugno tant’è che il 21 di quel mese “la gente uscì di casa col tabarro” (Corradi 1865). A seguito delle forti piogge primaverili, tutti i principali fiumi del nord Italia, come il “Po, la Branta erano assai gonfi, ma l'Adige poi oltre misura. Tanto esso crebbe dai 26 ai 31 che minacciò gran rotta, e superava la sua piena quella del 1816” (Filiasi 1821). L’Abate e fisico Giuseppe Bonfioli, nelle sue *Note meteorologiche*, riportò che il 27 maggio “le acque del nostro fiume Leno si sono assai gonfiate e così pure l'Adige si è oltre modo gonfiato con danno incalcolabile della campagna” (anno 1821 in Bonfioli 1778-1839). Il mese di giugno e luglio furono particolarmente freddi e piovosi, con nevicate sulle Alpi, e violenti temporali in pianura caratterizzati da “grandine grossissima, piogge strane, e turbini devastatori in più luoghi” (Filiasi 1821).

La neve scese copiosa anche nell’Italia meridionale: il 29 giugno gli annali riportano che “il Vesuvio restò coperto per tutta la giornata non di lave vulcaniche ma di neve, caduta in gran copia su tutte quelle corone di monti. È questo un fenomeno che di rado si osserva anche nell’inverno. Sono già due mesi che non contiamo che pochi giorni sereni e di qui avviene che in Napoli non meno che nelle provincie abbiamo moltissime malattie” (anno 1821 in Bonfioli 1778-1839).

Ma le anomalie che fecero più scalpore furono osservate nel seguente mese di luglio, quando comparve una densa e strana nebbia tale da velare il sole di giorno e la luna di notte. A Rovereto, il 10 luglio, Bonfioli annotò che “a cagione d’una forte esalazione la Luna fu per tutta la notte d'un colore sanguigno” (Figura 1, a).

L'utilizzo del termine “esalazione” da parte dello studioso roveretano non è casuale e su questo termine, che faceva parte del gergo meteorologico ideato da Platone e Aristotele verso la metà del IV sec. a.C., è necessario aprire una parentesi. Secondo Aristotele, la causa dei fenomeni meteorologici risiedeva principalmente nel Sole, il cui moto di traslazione produceva il calore necessario a tutti i processi di generazione e corruzione che avvengono sulla Terra. Da questo calore è generata una duplice esalazione (*anathymasis*). Quando i raggi solari colpiscono l’acqua, si produce un’esalazione umida e fredda, formata di parti di acqua che si trasformano in aria; essa è chiamata “esalazione vaporosa”. Quando i raggi solari cadono sulla terra asciutta, si genera invece un’“esalazione calda e secca”, molto infiammabile, formata soprattutto di parti di fuoco e di terra che Aristotele identifica con il fumo. Rugiada, brina, neve, pioggia e grandine sono prodotti dalla condensazione dell’esalazione umida. L’esalazione secca è invece causa dei venti, dei fulmini e dei terremoti; dall’attrito di quest’ultima con il quinto elemento aristotelico (o etere) si formano comete e stelle cadenti. Esalazione era quindi una nebbia densa la cui origine primaria (umida o secca che essa fosse) era in qualche modo connessa al calore del nostro pianeta che lo stesso Aristotele ammetteva potesse essere alimentato anche dall’interno (e quindi in connessione con l’attività vulcanica). Se essa si era formata sulla terraferma, come appariva agli osservatori del tempo (che la chiamavano anche “nebbia secca” in analogia all’“esalazione secca”) non solo era simile al fumo ma la sua origine era senz’altro da mettere in relazione all’azione del calore sulle terre emerse e forse anche a un qualche tipo di attività vulcanica (Pepe 2003).

A Rovereto l’esalazione si ripeté il giorno successivo 11 luglio quando il cielo, sebbene sereno, rimase “coperto da un torbido velo cosicchè il sole e anche la luna apparvero d'un rosso colore”. Lo stesso fenomeno fu notato anche a Padova dove, “ai 19 di luglio e nei susseguenti tre giorni si vide sul nostro orizzonte il Sole circondato da un gran disco di color sanguigno, e nelle notti la stessa Luna

compariva ingombra da vapore di color simile” (Penada 1822).

La caligine che sembrava ingombrare i cieli nel nord Italia nel mese di luglio, ritornò anche nella seconda metà del mese di agosto; a Rovereto ricomparve il 18 agosto, e progressivamente la nebbia divenne più densa fino al 20, quando il cielo apparve “turbido a cagione d’una generale esalazione” (anno 1821 in Bonfioli 1778-1839). Lo stesso accadeva nel Veneziano, dove la nebbia comparve per la prima volta il 19 di agosto, quando “il cielo tutto vedemmo coperto in alto da un'elevata nebbia, la quale molto rassomigliò a quella celebre del 1783” (Filiasi 1821). L’Osservatorio Ximeniano delle Scuole Pie di Firenze allo stesso modo registrò una caligine più o meno intensa, con “luna pallida e tetra” dal 18 al 25 di quel mese (Osservazioni 1821). L’insolita nebbia somigliante a quella del 1783, sebbene di minor durata, fu osservata anche a Londra nel mattino del 18 agosto, e a Parigi verso le 6 di sera; il giorno dopo in altri luoghi della Francia (Bellani 1822). Più ad ovest, oltre l’Atlantico, eventi simili furono registrati dai missionari moraviani che operavano nei villaggi lungo le coste del Labrador (Canada) (Demarée & Ogilvie 2011). Essi annotarono che già “alla metà di luglio 1821, un vapore scuro e fumoso simile a cenere offuscò l’atmosfera” (P.A. vol. VIII in Demarée & Ogilvie 2011 p. 400) e poco prima “il primo luglio la temperatura scese tanto che si formò una coltre gelata spessa mezzo pollice e le piante, soprattutto le patate, soffrirono molto. [...] Al contrario il 6 la temperatura salì tra i 10 e i 19°C. L’aria era fumosa e puzzava di torba. Il giorno seguente, l’Höhenrauch (sic.) diventò così denso che si dovettero accendere le luci in casa alle sette e mezza. Questo buio permase per due ore ma in nessun calendario era prevista una eclisse solare” (N.G.B. 1822 in Demarée & Ogilvie 2011 p. 401).

Con agosto sembrarono terminare le esalazioni e le caligini anomale, ma prima della fine dell’anno un altro evento meteorologico estremo si verificò nella maggior parte dell’Europa occidentale e accese un forte dibattito tra gli studiosi del vecchio continente sulle cause di tali anomalie. In molte città italiane ed europee violentissimi temporali accompagnati da vento impetuoso funestarono la notte di Natale del 1821. “Da per tutto il cielo sembrava di fuoco; il tuono romboreggiava come nei giorni ardenti della canicola. Potrebbero citarsi più di venti luoghi colpiti dal fulmine, e molti altri in cui ai lampi e ai tuoni erano misti nemi di grandine e di dirottissima pioggia (...) Tutti questi fenomeni (...) si osservarono con breve dìvario di tempo nella Francia, nella Svizzera e nell’Italia” (Anonymous 1822). “Dentro le Alpi piovette assai per cui crebbero i fiumi, ma di passaggio (...) Penetrò pure nella Svizzera svelando gli abeti nei boschi” (Filiasi 1821); in Trentino meridionale “l’impetuosità del vento smosse la Cupola del campanile di Brentonico e si affogarono nel Lago di Garda tre barche cariche di grano con la perdita anche di due uomini” (anno 1821 in Bonfioli 1778-1839).

Furono soprattutto le città costiere, esposte maggiormente al furioso vento sud-occidentale a subire i maggiori danni: a Venezia “il flusso dopo la mezzanotte circa talmente crebbe che nel giorno allagò piazze e strade ai 25 [dicembre] (...). Le barche giravano per la piazza di S. Marco, e incalcolabile fu il guasto delle cisterne, anche perché sceme d’acqua per la precedente aridità. La marea giunse a 3 piedi e 5 oncie sopra il comune suo livello, e quindi circa 6 piedi [circa 1,8 m] quasi in tutto ella alzossi. Il termometro era a 9° e il barometro a 27,2. Calda era l’aria assai e l’acqua pure marina, tetra ed oscura l’aria, ed anche nelle merci fu grave il danno” (Filiasi 1821).

Le città portuali del Mediterraneo e dell’Atlantico subirono danni anche maggiori: “a Genova talmente sopra andò il mare quella notte che affondaronsi le navi dentro il porto e spezzaronsi e perirono molti, le merci del porto franco andarono perdute, guasto fu il molo, e l’onde sorpassando in altezza i scogli più alti e le mura di essi fabbricate. (...) L’Arcivescovo dovette uscir fuori a benedire il mare, la città tutta immersa era nel terrore e il danno ascese a più milioni di franchi. A Tolone e Marsiglia fu pure così (...) Lungi di là non poco sulle coste dell’Oceano il SO infierì in quella costa a Bordeaux, Brest, etc. e per gran parte della Francia pure” (Filiasi 1821) (Figura 1, b).

Oltre alla violenza delle precipitazioni, quello che sorprese gli studiosi fu la concomitanza di analoghe condizioni atmosferiche in gran parte dell'Europa "dalle coste dell'Adriatico alla Manica, dalle sponde del Mediterraneo fino nella Svizzera, dalle parti più basse alle più alte dell'atmosfera fino sopra le regione del gran San Bernardo" (Anonymous 1822).

Il rapido e straordinario abbassamento del barometro, la simultaneità dell'evento e la sua grande estensione, fecero pensare agli studiosi del tempo che tali fenomeni fossero stati causati dalla presenza nell'atmosfera di una "elettricità strepitosa fulminante", come sembravano provare, oltre ai violenti fulmini caduti ovunque, anche le "strisce luminose che ora solcavano il mare a guisa di fulgori, ed ora ne lambivano semplicemente la superficie" (Anonymous 1822) avvistate a Genova. Cosa avesse potuto scatenare "si grande azione elettrica e come abbia ella potuto far abbassare i barometri, eccitare il vento, suscitare le burrasche e far piovere quasi dappertutto e simultaneamente" (Anonymous 1822) rimase senza risposta.

A questo si aggiunse un innalzamento anomalo delle temperature nei mesi di gennaio e febbraio del 1822 che risultò anch'esso di difficile spiegazione e che fece supporre ci potesse essere un qualche rapporto con gli eventi dell'anno precedente.

Il dibattito scientifico dell'epoca: il confronto con gli eventi del 1783

La ricerca di una spiegazione scientifica a ciò che qualsiasi osservatore poteva notare si accompagnava al persistere delle anomalie atmosferiche. Qualcuno ipotizzò che il caldo anomalo della primavera 1822, succedutosi al freddo e piovoso 1821 e alle strane nebbie dense del mese di luglio e agosto, fosse da mettere in relazione ad una "massa insolita di calorico libero, che mantiene la temperatura europea al di sopra del termine ordinario di questa stagione, ma come siasi esso sviluppato è ancora un segreto della

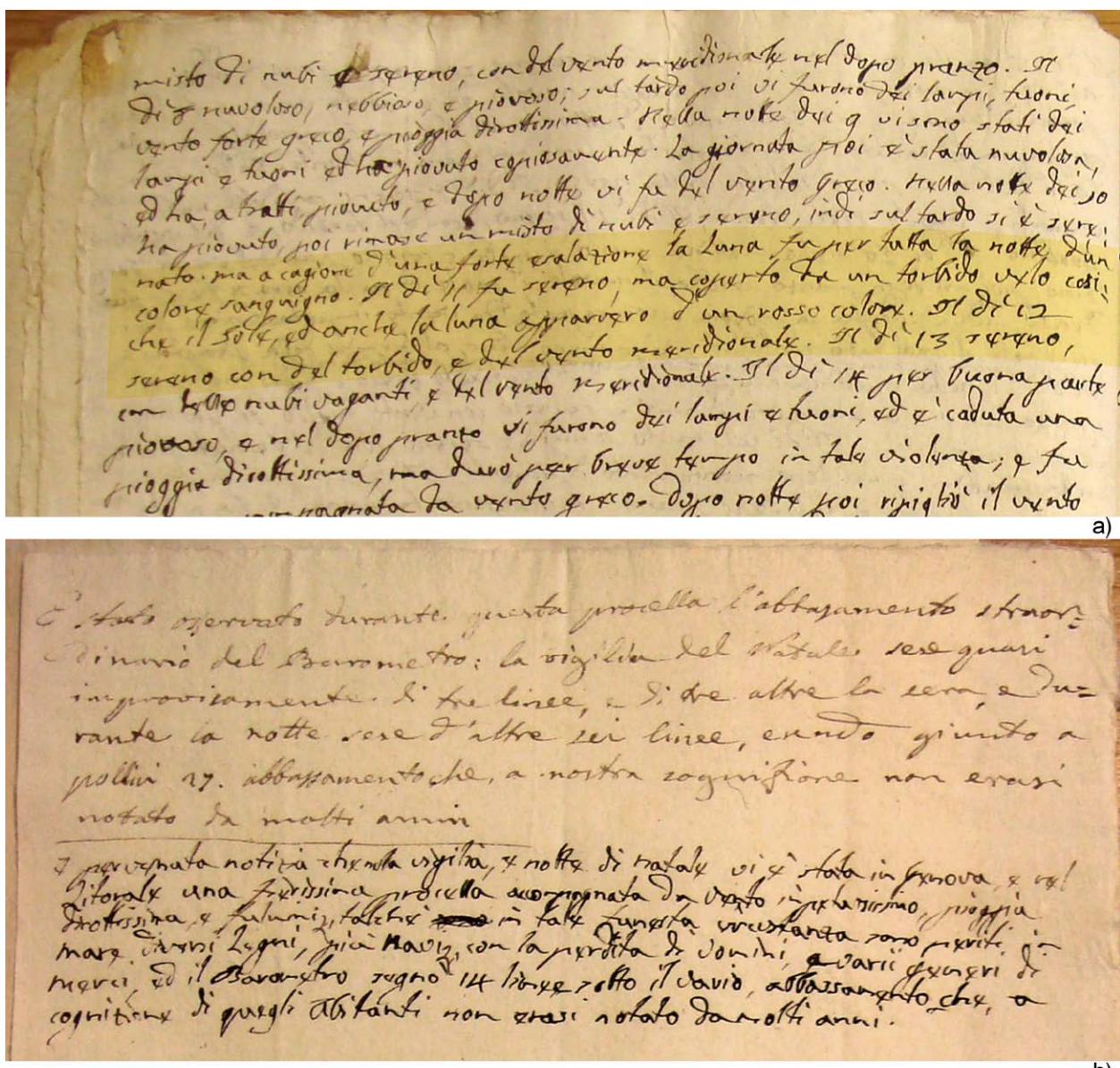


Fig. 1 - Diario meteorologico dell'Abate Giuseppe Bonfili (Rovereto) per l'anno 1821: a) 10 luglio Bonfili annota che "a cagione d'una forte esalazione la Luna fu per tutta la notte d'un colore sanguigno". b) il 25 dicembre riporta le notizie relative a violente tempeste nel Mediterraneo / Meteorological diary of Abbot Giuseppe Bonfili (Rovereto) for the year 1821: a) on July 10 Bonfili notes that "because of a strong exhalation, the moon was blood-colored all night long". b) on December 25, he reported the news related to violent storms in the Mediterranean.



Fig. 2 - Manoscritti dell'anno 1783: a) mese di giugno dei dati meteorologici raccolti dal Barone Emanuele Malfatti per il Trentino meridionale (Malfatti 1777-1893); b) nota a piè di pagina del diario di un curato di Cembra (Anonimous 1783); c) sintesi che il fisico Giuseppe Bonfioli fa dell'anno 1783 (Bonfioli 1778-1839). La comparsa delle nebbie è attestata il 17 giugno (b) / Manuscripts of the year 1783: a) June meteorological data collected by Baron Emanuele Malfatti for southern Trentino (Malfatti 1777-1893); b) footnote of the diary of a curate from Cembra (Anonimous 1783); c) synthesis of the year 1783 by the physicist Giuseppe Bonfioli (Bonfioli 1778-1839). The appearance of the fogs is attested on June 17th (b)

natura" (Anonymous 1822). L'ipotesi era quella che poteva trattarsi del "risultato della decomposizione di una massa di gas o di vapori" (Anonymous 1822) o comunque di una qualche perturbazione collegata a "grandi eruzioni vulcaniche sottomarine, che sarebbero scoppiate nelle regioni del polo artico e alle quali si deve pure riferire, secondo essi, lo straordinario passaggio delle Balene gettate, come ognuno sa, sulle coste della Scozia, e sopra altri lidi del nostro continente" (Gazzetta di Milano 1822).

L'idea di una qualche origine vulcanica non era insolita all'epoca; l'anno prima, lo storico veneziano Jacopo Filiasi nella sua Relazione meteorologica del 1821, aveva scritto di alte maree nelle coste del Portogallo e dalla Spagna e di improvvise "colonne d'acqua" simili alle celebri d'Islanda (molto probabilmente i "bufones" – colonne d'acqua simili a geyser che salgono dalle fessure delle coste alte a seguito della compressione delle onde nelle cavità alla base delle scogliere), verificatesi durante il mese di gennaio, "indizi tutti di forte vulcanicità sotterranea e sotto marina. (...) che agisse principalmente nell'Atlantico, ed a proporzione nel Jonio pure".

Inoltre era ancora vivo il ricordo di analoghe condizioni atmosferiche che avevano contraddistinto l'estate del 1783 (Salvador et al. 2018). Di quell'anno l'Abate Giuseppe Bonfioli aveva tratteggiato una sintesi particolarmente efficace: "In giugno e luglio vi furono quasi ogni giorno esalazioni così forti tutto all'intorno che appena appena si distinguevano le vicine montagne, questo fenomeno fu eguale in tutto il Tirolo, Austria, buonaparte della Germania, in tutta l'Italia e Francia; furono queste esalazioni seguite da fieri temporali, e da quantità spaventevoli di fulmini, colla peste ancora in fine nell'Ungheria, e terremoti in Calabria."

Anche in quell'occasione, gli osservatori avevano appuntato la straordinarietà dei temporali che sembravano essere succeduti alle settimane di permanenza della densa nebbia e le cose non erano apparse diverse nelle regioni limitrofe (Salvador et al. 2018). L'origine di questi fenomeni, dapprima interpretata come connessa a un importante sciame sismico verificatosi tra febbraio e marzo 1783 in Calabria (Toaldo 1802a), dal quale si sarebbe alzato il pulviscolo trasportato poi nell'atmosfera dallo Scirocco, fu ben presto collegata a una qualche origine vulcanica. Giovanni Lapi, naturalista toscano, trovò conferma a queste intuizioni nelle cronache che riportavano la nascita di "due smisurate moli, due Isole" nelle "Islandiche terre di fuochi, d'ardori, d'accensioni". Se la forza era stata tale da "sollevare dai fondi del globo l'incomprensibile quantità di materia", allora era anche possibile che si fossero "sollevate nell'ammosfera arie, fuochi, materie spiritose, e vivaci a guisa di minutissime particelle pulvulente, vaporose, e volanti, e tante a proporzione del fatto narrato e maraviglioso, ch'abbiano potuto anch'essa esser cagione parziale (...) della caligine nostra (...)" (Lapi 1783). Secondo l'autore anche la successione di violenti temporali che avevano seguito la scomparsa delle nubi di vapori anomali era connessa all'attività vulcanica, come peraltro ognuno avrebbe potuto essere persuaso osservando ciò che accadeva durante le eruzioni del Vesuvio (Lapi 1783). Lapi fu quindi uno dei primi ad associare la caligine del 1783 a un'eruzione vulcanica nord-europea. A simili conclusioni giunsero poco dopo anche il naturalista francese Mourgue de Montredon (De Montredon 1784) e lo scienziato statunitense Benjamin Franklin (1784). Secondo quest'ultimo, la nebbia secca che era rimasta nei cieli europei per tutta l'estate, e il successivo inverno particolarmente rigido, dovevano dipendere dalla grande quantità di materiale portato in atmosfera dall'eruzione del vulcano Hekla (recte sistema Laki, Payne 2010) in Islanda e di un non meglio specificato vulcano marino di neoformazione (isola di Nyey) (Franklin 1784).

Negli anni successivi i fenomeni meteorologici osservati in varie parti del mondo in concomitanza di grandi eruzioni vulcaniche furono confrontati tra di loro e con le particolari condizioni di pressione, temperatura e direzione dei venti (Bellani 1838, Von Humboldt 1845-1862, Martins 1854). Le innegabili relazioni corroborarono con sempre maggior certezza che l'eccezionale nebbia secca del 1783 dipendesse da un'eruzione vulcanica del sistema islandese di Laki (Arago & Capoccia 1851).

Oggi sappiamo che questa eruzione (8 Giugno 1783 - 8 febbraio 1784) (Thordarson & Self 1993) aveva colpito duramente l'Europa settentrionale (Palais & Sigurdsson 1989). Oltre alle vittime degli effetti diretti dell'eruzione, circa un terzo della popolazione islandese perse la vita a causa della conseguente carestia del 1783-1784. La circolazione monsonica indiana fu indebolita, e questo portò ad anomalie negative nelle precipitazioni in Asia e in Africa settentrionale. In Europa l'estate si fece fresca e piovosa e l'inverno che seguì fu uno dei più rigidi nella storia della Gran Bretagna (Grattan & Brayshaw 1995; Chenet et al. 2005; Demarée & Ogilvie 2001). Modelli teorici di emissione hanno portato a stimare in almeno 13 km l'altezza della colonna eruttiva che è penetrata nella stratosfera inferiore immettendovi circa 200 Tg di solfato veicolati in gran parte dell'Europa (Chenet et al. 2005).

L'arrivo in Italia settentrionale è fissato dai diari Trentini a 9 giorni (17 giugno 1783) dall'avvio dell'attività eruttiva del Laki (8 giugno) (Salvador et al. 2018) e si ripropose in più fasi corrispondenti a quelle di attività dell'apparato vulcanico, fino a settembre quando la nube si spostò in Europa orientale (Grattan & Brayshaw 1995; Thordarson & Self 2003; Chenet et al. 2005).

Gli effetti di questa passata eruzione erano gli stessi che gli osservatori stavano osservando nel 1821; era un caso?

Un'origine vulcanica anche per le anomalie atmosferiche del 1821?

Come si è visto, le stranezze degli anni 1821-1822, caratterizzati da nebbie dense, fenomeni crepuscolari e intensi eventi meteorici furono ben presto collegate a qualche forma di evento vulcanico (Figura 3). L'eruzione del Krakatoa (vulcano nell'isola indonesiana di Rakata), il 26 agosto del 1883, fu per certi versi fondamentale per la comprensione delle relazioni tra sistemi atmosferici ed eventi vulcanici intensi posti anche a notevoli distanze. In occasione della comparsa in Europa verso la fine di agosto 1883 di "nebbie secche" simili a quelle del 1783, e a fenomeni crepuscolari, dove il sole appariva molto indebolito e trasmetteva una luce sanguigna, lo studioso W.H. Larrabee ipotizzò che questi fenomeni fossero collegati all'eruzione del Krakatoa, così come suppose che gli analoghi fenomeni del 1783 dipendessero dall'eruzione del vulcano Skaptar (o Laki) in Islanda, e quelli del 1821 dalla probabile eruzione nell'isola di Bourbon, del 27 febbraio di quello stesso anno (Larrabee 1884; Riccò 1887).

Sebbene gli effetti atmosferici riferiti dagli osservatori nel corso del 1821 e il loro modo di descriverli siano perfettamente confrontabili con quelli di precedenti eruzioni (in particolare quella del Laki del 1783) non è oggi possibile essere certi di una analoga connessione causale (Smikin & Siebert 1994). In taluni casi, si sono cercate motivazioni alternative come è accaduto ad esempio nell'interpretazione delle cronache canadesi (Demarée & Ogilvie 2011). In questo caso l'uso del termine tedesco *Hohenrauch* che era lo stesso utilizzato per descrivere la nebbia secca del 1783 o il *Moorrauch* o *Moordampf* (Finke 1820) nel primo quarto del 1800 in Germania meridionale (un fenomeno messo in relazione alla combustione della torba), ha portato a suggerire che l'offuscamento atmosferico fosse legato a grandi incendi. Sebbene tali supposizioni non si adattino a una così ampia estensione dei fenomeni è comunque vero che l'eruzione del 27 febbraio 1821 dell'isola Bourbon (ovvero il Piton de la Fournaise nell'isola di Réunion, di fronte al Madagascar), invocata al tempo come possibile causa scatenante, non risulta a oggi di intensità suf-

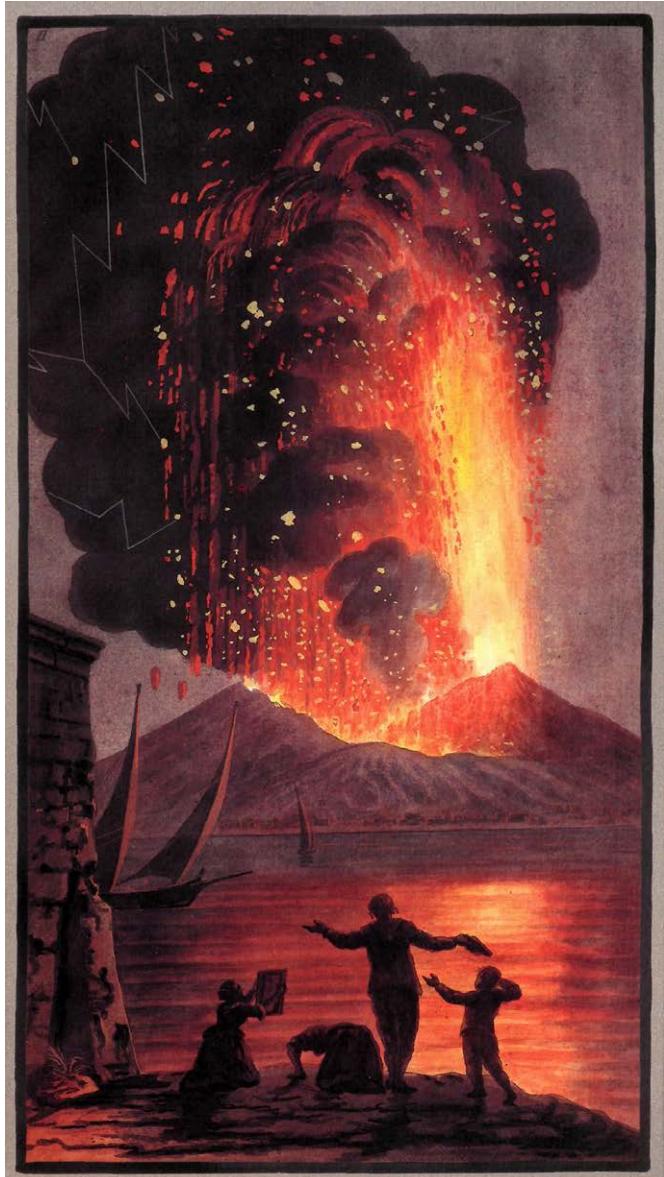


Fig. 3 - Eruzione del Monte Vesuvio dell'8 agosto 1779 nella quale sono messi in evidenza i fenomeni atmosferici connessi (nubi e scariche elettriche) (da Hamilton 2000) / Eruption of Mount Vesuvius of 8 August 1779 in which the connected atmospheric phenomena are highlighted (clouds and electric discharges) (from Hamilton 2000)

ficiente a far risentire i suoi effetti fino al continente europeo (Siebert et al. 2011). Anche il vulcano islandese Eyjafjallajökull (autore di una spettacolare e impattante eruzione nel 2010), da altri individuato come possibile causa delle anomalie metereologiche del 1821, non può essere considerato una ipotesi valida. La sua attività eruttiva iniziò tra il 19 e il 20 dicembre di quell'anno, troppo in ritardo relativamente alle anomalie atmosferiche primaverili ed estive.

Eppure una origine islandese, o comunque settentrionale, è suggerita dalla distribuzione delle date di osservazione degli offuscamimenti atmosferici: bimodale e non casuale. Il primo evento si colloca tra 6 e 21 luglio 1821 e si manifesta dapprima sulle coste Canadesi (6 luglio), è osservato successivamente in Trentino (10 luglio) e nove giorni dopo a Padova (19 luglio). Il secondo evento, confinato tra 18 e 27 agosto dello stesso anno, è osservato quasi contemporaneamente in tutte le città europee e italiane, come Londra, Parigi, Rovereto e Firenze (18 agosto) e successivamente a Venezia (19 agosto) dove permane più a lungo. La distribuzione delle date sem-

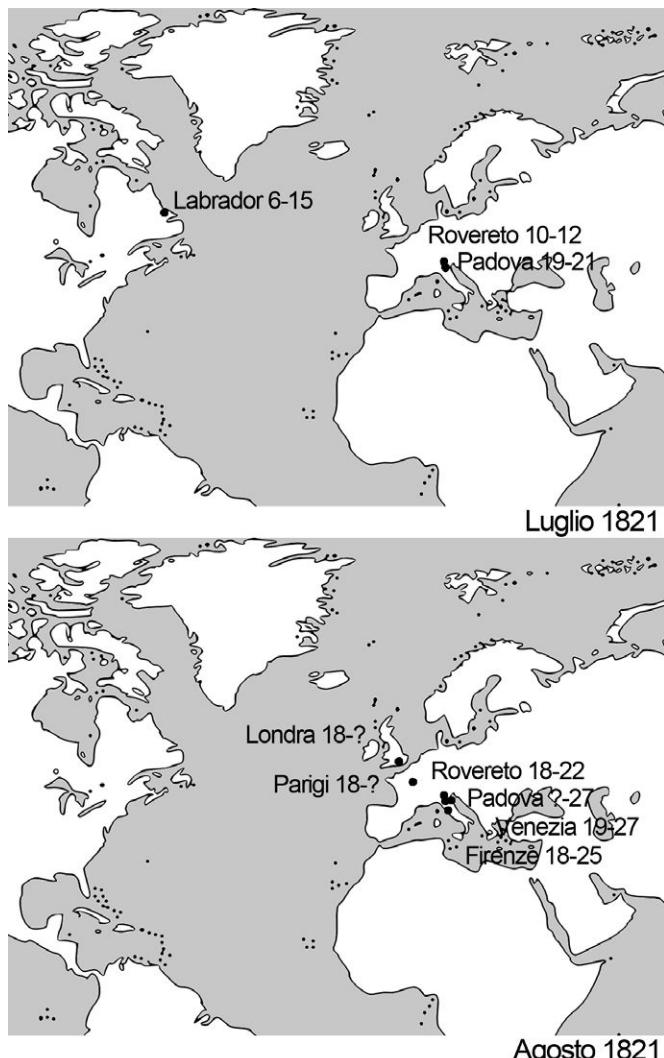


Fig. 4 - Date di osservazione degli offuscamenti atmosferici nei mesi di luglio e agosto 1821. La distribuzione delle date sembrerebbe confermare una analogia tra i due eventi e suggerisce una provenienza da nord-ovest delle correnti atmosferiche responsabili delle “nebbie secche” osservate quell'estate / Dates of observation of atmospheric blurring in the months of July and August 1821. The distribution of dates seem to confirm an analogy between the two events and suggests a north-west source of the atmospheric currents responsible for the “dry fogs” observed during that summer.

brerebbe confermare una analogia tra i due eventi e suggerisce una provenienza da nord-ovest delle correnti atmosferiche responsabili delle “nebbie secche” (Figura 4).

Tra 1820 e 1821 sappiamo dell’attività di quasi cinquanta vulcani distribuiti tra Pacifico e Sud America (Siebert et al. 2011) cui si aggiungono gli italiani Stromboli, Etna e Vesuvio che destarono lo stupore dei contemporanei (Monticelli 1843). Tutte però risultano con intensità troppo bassa (VEI compreso tra 1 e 2) per giustificare una perturbazione a così larga scala, e risulta pertanto evidente che un approfondimento di indagine sia necessario.

Conclusioni

Il cammino per arrivare a una comprensione del rapporto causale tra fenomeni eruttivi maggiori e cambiamenti climatici su varie scale, è stato lungo con numerosi interrogativi ancora aperti e da testare empiricamente (Robock 2000).

Nel presente testo, di taglio prevalentemente storico, abbiamo puntato l’attenzione su un intervallo cronologico dove era indubbiamente possibile la percezione dei segnali di una perturbazione climatica esterna al naturale decorso delle stagioni, ma mancavano gli elementi per connettere tali segnali con possibili eventi scatenanti. Alcuni autori (es. Toaldo 1784; 1802a; 1802b) legarono le anomalie meteorologiche a “esalazioni” innescate dai fenomeni sismici (Salvador et al. 2018) cui storicamente si collegavano venti e bagliori (Alexander 1986; Boyde 1984; Romano 2016). Diversamente Lapi nel 1783 è stato tra i primi autori a mettere in relazione diretta la “caligine” osservata (e gli effetti consequenziali su clima e raccolti), a fenomeni vulcanici; un’intuizione che sarà pienamente confermata solo sul finire del ventesimo secolo.

In estrema sintesi, dai dati raccolti in Trentino e qui presentati, potremmo concludere che:

1) l’eruzione del Laki, nel 1783, comportò nelle regioni alpine marcate evidenze atmosferiche che si manifestarono sotto forma di densi offuscamenti atmosferici seguiti da violente perturbazioni meteorologiche. Tali eventi, del tutto fuori del normale ciclo stagionale, non furono ignorate dagli osservatori locali che cercarono da subito di trovarne motivazioni e connessioni con eventi geologici coevi ipotizzandone ben presto una causa legata all’immissione in atmosfera di polviscolo di origine vulcanica.

2) Gli eventi del 1821, molto simili a quelli del 1783, e per alcuni versi anche ad alcuni eventi del 1816-17 (in seguito all’eruzione del Tambora - 1815, Salvador et al. 2018), sebbene non corroborati dalla documentata presenza di attività vulcanica violenta, sembrano riferibili allo stesso motore genetico e stimolano la ricerca di un evento vulcanico coevo non ancora storicamente e geologicamente individuato.

Ringraziamenti

Lo studio è stato condotto nell’ambito del “Progetto Geoitaliani” della Società Geologica Italiana e nell’ambito del progetto di ricerca “ARMO - Archeologia del paesaggio montano: reti insediative e paleoambienti nelle Prealpi trentine” finanziato da MUSE - Museo delle Scienze di Trento.

Parte di questo lavoro è stato reso possibile da supporto economico a M.R. dalla Alexander von Humboldt-Foundation (Sofja Kovalevskaja-Award to Jörg Fröbisch “Early Evolution and Diversification of Synapsida” of the German Federal Ministry of Education and Research).

Bibliografia

- Alexander D., 1986 - Dante and the Form of the Land. *Annals of the Association of American Geographers*, 76 (1): 38-49.
- Angell J. K. & Korshover J., 1978 - Estimate of global temperature variations in the 100–30 mb layer between 1958 and 1977. *Monthly Weather Review*, 106(10): 1422-1432.
- Anonymous, 1783-1816 - *Diario delle messe di un anonimo curato di Cembra*, aprile 1783 - settembre 1816 (manoscritto), Archivio Comunale di Rovereto, Ms 107.1.
- Anonymous, 1816 - Quadro de principali avvenimenti meteorologici dall’anno 1700 sino all’anno 1815. *Giornale Astro-Meteorologico per l’anno 1817*: 69-79.
- Anonymous, 1822 - Indagini sulla cagione delle vicende atmosferiche dello scorso dicembre (1822). *Gazzetta di Milano*, Appendice critico letteraria, 25 marzo 1822: 465-468.
- Arago F. & Capocci E., 1851 - *Lezioni di astronomia professate nell’osservatorio di Parigi da F. Arago, tradotte dal francese ed annotate da E. Capocci*. Stamperia dell’Iride, Napoli, 482 pp.
- Bay R. C., Bramall N. & Price P. B., 2004 - Bipolar correlation of volcanism with millennial climate change. *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences of the United States of America, 101(17): 6341-6345.
- Bellani A., 1822 - Considerazioni sull'origine e la natura delle stelle cadenti. *Giornale di fisica, chimica, storia naturale, medicina ed arti dei Professori Pietro Configliachi e Gaspare Brugnatelli*: 186-198.
- Bellani A., 1838 - Meteorologia degli aeroliti, delle piogge o nevi rosse, e delle nebbie o esalazioni secche, e di altri fenomeni atmosferici. *Biblioteca di Farmacia - Chimica - Fisica - Medicina - Chirurgia - Terapeutica - Storia Naturale, etc... compilata da Antonio Cattaneo*: 115-122, 178-183, 242-248, 306-311, 357-365.
- Bonfioli G., 1778-1839 - *Memorie meteorologiche (1778-1839) dell'Abate Giuseppe Bonfioli* (manoscritto), Archivio Comunale di Rovereto, Ms 57.6.
- Bosellini A., 1978 - *Tettonica delle Placche e Geologia*. Bovolenta Editore, Ferrara, 144 pp.
- Boyde P., 1984 - *L'uomo nel cosmo. Filosofia della natura e poesia in Dante*. Il Mulino, Bologna, 485 pp.
- Camuffo D. & Enzi S., 1995 - Impact of the clouds of volcanic aerosols in Italy during the last 7 centuries. *Natural Hazards*, 11(2): 135-161.
- Chenet A. L., Fluteau F. & Courtillot F., 2005 - Modelling massive sulphate aerosol pollution, following the large 1783 Laki basaltic eruption. *Earth and Planetary Science Letters*, 236 (2005): 721-731.
- Corradi A., 1865 - *Annali delle epidemie occorse in Italia dalle prime memorie fino al 1850, compilati con varie note e dichiarazione dal Cav. Alfonso Corradi*. Tip. Gamberini e Parmeggiani, Bologna: 351, 377.
- Demarée G.R. & Ogilvie A.E.J., 2001 - Bons Baisers d'Islande: climatic, environmental, and human dimensions impacts of the Lakagigar eruption (1783-1784) in Iceland. In: Jones P.D., Ogilvie A.E.J., Davies T.D. & Briffa K.R. (eds.), *History and Climate: Memories of the Future?*: 219-246.
- Demarée G.R. & Ogilvie A.E.J., 2011 - Climate-related Information in Labrador/Nunatsiavut: evidence from Moravian Missionary Journals. *Royal Academy for Overseas Sciences*, 57 (2-4): 391-408.
- De Montredon M., 1784 - Recherches sur l'origine et sur la nature des vapeurs qui ont régné dans l'Atmosphère pendant l'été de 1783. *Histoire et Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*: 754-773.
- Filiasi J., 1821 - Relazione meteorologica di Jacopo Filiasi che comincia dai 15 settembre 1820 e termina coi primi del settembre 1821. *Giornale Astro Meteorologico per l'anno 1822*: 79-87.
- Finke L. L., 1820 - *Naturhistorische Bemerkungen, betreffend eine auf vieljaerige meteorologische Beobachtungen sich stuetzende Beschreibung des Moordampfes in Westphalen und seine nachtheiligen Einflusse auf dortige Witterung*. Hannover, Hahn, 96 pp.
- Franklin B., 1784 - Meteorological Imaginations and Conjectures. *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, 2: 373-377.
- Gazzetta di Milano, 26 febbraio 1822, n.57, 301.
- Gould S.J., 1965 - Is uniformitarianism necessary? *American Journal of Science*, 263: 223-228.
- Grattan J. & Brayshaw M., 1995 - An amazing and portentous summer: environmental and social responses in Britain to the 1783 eruption of an Iceland volcano. *The Geographical Journal*, 161 (1995): 125-134.
- Hamilton W., 2000 - *Campi Flegrei. Osservazioni sui vulcani delle Due Sicilie*. Grimaldi & C. Editori, Napoli, 272 pp.
- Hansen J., Sato M., Ruedy R., Lacis A., Asamoah K., Beckford K. & Curran B., 1997 - Forcings and chaos in interannual to decadal climate change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D22): 25679-25720.
- Hoyt J. B., 1958 - The cold summer of 1816. *Annals of the Association of American Geographers*, 48(2): 118-131.
- Kelly P. M. & Sear C. B., 1984 - Climatic impact of explosive volcanic eruptions. *Nature*, 311(5988): 740-743.
- Kirchner J.W., 2002 - The Gaia hypothesis: fact, theory, and wishful thinking. *Climatic Change*, 52: 391-408.
- Lamb H. H., 1970 - Volcanic dust in the atmosphere; with a chronology and assessment of its meteorological significance. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A, Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 266(1178): 425-533.
- Lamb H. H., 1977 - Supplementary volcanic dust veil index assessments. *Climate Monitor*, 6(2): 57-67.
- Lamb H. H., 1983 - Update of the chronology of assessments of the volcanic dust veil index. *Climate Monitor*, 12(3): 79-90.
- Landsberg H. E. & Albert J. M., 1974 - The summer of 1816 and volcanism. *Weatherwise*, 27(2): 63-66.
- Lapi G., 1783 - *Sulla caligine del corrente anno 1783 e sulla vigorosa vegetazione e fertilità delle piante del suddetto anno. Congettura di Giovanni Lapi Mugellano, già pubblico lettore di Botanica or direttore del Giardino dei Georgofili di Firenze*, Stamp. Di Antonio Benucci e Compp, Firenze, 90 pp.
- Larrabee W. H., 1884 - Green suns and red sunsets. *Popular Science Monthly*, 24: 598-606.
- Lovelock J., 1979 - *A New Look at Gaia*. Oxford University Press, Oxford, 176 pp.
- Malfatti E., 1771-1893 - *Dati meteorologici (1771-1893) raccolti dal Barone Emanuele Malfatti* (manoscritto), Archivio Comunale di Rovereto, Ms 5.46.
- Martins M.C., 1854 - On the Nature and Origin of different kinds of Dry Fogs, *The Edinburgh Philosophical Journal*, 56: 229-248.
- Mass C. F. & Portman D. A., 1989 - Major volcanic eruptions and climate: A critical evaluation. *Journal of Climate*, 2(6): 566-593.
- Milham W. I., 1924 - The year 1816 - the causes of abnormalities. *Monthly Weather Review*, 52(12): 563-570.
- Miller R., 1985 - *La deriva dei continenti*. Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 176 pp.
- Mitchell Jr J. M., 1970 - A preliminary evaluation of atmospheric pollution as a cause of the global temperature fluctuation of the past century. In: Singer S.F. (eds.), *Global Effects of Environmental Pollution*. Springer, Dordrecht: 139-155.
- Monticelli T., 1843 - *Opere dell'abate Teodoro Monticelli*, 3 vol., Tipografia dell'Ariosto, Napoli.
- Oppenheimer C., 2003 - Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in physical geography*, 27(2): 230-259.
- Osservazioni meteorologiche fatte nell'Osservatorio Ximeniano delle Scuole Pie di Firenze nel mese di agosto 1821. In: *Antologia - luglio, agosto, settembre 1821*, tomo terzo, Tipografia di Luigi Pezzati, Firenze: 547-550.
- Palais J. & Sigurdsson H., 1989 - Petrologic evidence of volatile emissions from major historic and prehistoric volcanic eruptions. In: Berger A. (eds.), *Understanding Climate Change, Geophys. Monogr. Ser.*, AGU, Washington D. C., 52: 31-53.
- Payne Richard J., 2010 - The 'Meteorological Imaginations and Conjectures' of Benjamin Franklin, *North West Geography*, 10: 1-7.
- Penada G., 1822 - Quadro meteorologico dell'anno 1821 di Jacopo Penada. *Giornale Astrometeorologico per l'anno 1823*: 89-94.
- Pepe L. (a cura di), 2003 - Aristotele. *Meteorologia*. Testo greco a fronte. Bompiani editore, 266 pp.
- Riccò A., 1887 - Sopra i fenomeni crepuscolari del 1883 e 1884. *Memorie della Società Degli Spettroscopisti Italiani*, 16: 58-64.
- Robock A., 2000 - Volcanic eruptions and climate. *Reviews of Geophysics*, 38: 191-219.
- Robock A. & Free M. P., 1995 - Ice cores as an index of global vol-

- canism from 1850 to the present. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 100(D6): 11549-11567.
- Romano M., 2014 - 'The vain speculation disillusioned by the sense': the Italian painter Agostino Scilla (1629-1700) called 'The discoloured', and the correct interpretation of fossils as 'lithified organisms' that once lived in the sea. *Historical Biology*, 26: 631-651.
- Romano M., 2015 - Reviewing the term uniformitarianism in modern Earth sciences. *Earth-Science Reviews*, 148: 65-76.
- Romano M., 2016 - "Per tremoto o per sostegno manco": The Geology of Dante Alighieri's Inferno. *Italian Journal of Geosciences*, 135(1): 95-108.
- Romano M. & Cifelli R., 2015a - 100 years of continental drift. *Science*, 350: 915-916.
- Romano M. & Cifelli R., 2015b - Plate tectonics: continental-drift opus turns 100. *Nature*, 526: 43.
- Romano M., Console F., Pantaloni M. & Fröbisch J., 2016 - One hundred years of continental drift: the early Italian reaction to Wegener's 'visionary' theory. *Historical Biology*, 29:266-287.
- Rudwick M.J.S., 1972 - *The Meaning of Fossils: episodes in the history of palaeontology*. Macdonald, London, 287 pp.
- Salvador I., Romano M. & Avanzini M., 2018 - Gli "apparenti disordini delle leggi fisiche dell'universo": gli effetti delle eruzioni del Laki (1783) e del Tambora (1815) nelle cronache delle regioni alpine. *Tre secoli di geologia in Italia. Rendiconti online della Società geologica italiana*, (in stampa).
- Siebert L., Simkin T. & Kimberly P., 2011 - *Volcanoes of the World*. University of California Press, 551 pp.
- Simkin T. & Siebert L., 1994 - *Volcanoes of the world: a regional directory, gazetteer, and chronology of volcanism during the last 10,000 years*. Geoscience Press, 349 pp.
- Stommel H. & Stommel E., 1979 - The year without a summer. *Scientific American*, 240: 176-186.
- Taylor B. L., Gal-Chen T. & Schneider S. H., 1980 - Volcanic eruptions and long-term temperature records: An empirical search for cause and effect. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 106(447): 175-199.
- Thordarson T., & Self S., 1993 - The Laki (Skaftár Fires) and Grímsvötn eruptions in 1783-1785. *Bulletin of Volcanology*, 55(4): 233-263.
- Thordarson T. & Self S., 2003 - Atmospheric and environmental effects of the 1783-1784 Laki eruption: A review and reassessment. *Journal of Geophysical Research*, 108(D1): 4011.
- Toaldo G., 1784 - Dei principali accidenti dell'anno 1783. *Giornale Astrometeorologico per l'anno 1784*.
- Toaldo G., 1802a - Osservazioni meteorologiche del mese di giugno 1783, con un discorsetto sulla Nebbia straordinaria e influenza di fulmini nella presente stagione. In: *Completa raccolta di opuscoli, osservazioni e notizie diverse contenute nei Giornali Astro-Meteorologici dall' 1783 sino all'anno 1798*, Tomo secondo, Francesco Andreola, Venezia: 154-163.
- Toaldo G., 1802b - Discorso sopra l'inverno 1784 cavato dal Giornale Encicopedico del mese di marzo. In: *Completa raccolta di opuscoli, osservazioni e notizie diverse contenute nei Giornali Astro-Meteorologici dall' 1783 sino all'anno 1798*, Tomo secondo, Francesco Andreola, Venezia: 185-195.
- Tovazzi G. OFM, 2006 - *Dario secolaresco e monastico*, vol. II, (marzo 1780-agosto 1785), Fondazione Biblioteca San Bernardino, Trento.
- Von Humboldt A., 1845-62, *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. Cotta, Stuttgart und Tübingen.

