

MARINO MARTINI \*

## LE ESALAZIONI VULCANICHE

ABSTRACT. — A short account is given about the investigations carried out on volcanic gases in the past, along with some general considerations on the early stage of the research in this field.

Even if volcanic activity has a strong social impact, investigations on active volcanoes appear probably too tiring and time consuming, and have been neglected by most of natural researchers.

« Gli abitanti del luogo ritengono che, nell'isola Sacra, Efesto abbia la sua officina, perchè di notte la vedono sprigionare molte fiamme e di giorno abbondante fumo ».

Questo accenno all'isola di Vulcano, contenuto nel libro III della Guerra del Peloponneso di Tucidide, che probabilmente è il primo riferimento preciso a manifestazioni esalative, esprime anche una spiegazione fantastica dell'attività vulcanica che si è protratta per quasi due millenni.

E se la favola delle fucine sotterranee, del dio del fuoco o dei Ciclopi, ha perduto credibilità col tramontare della mitologia greco-romana, il fenomeno stesso è stato interpretato ancora per lungo tempo in chiave magica o pseudo religiosa.

Dal XVI secolo cominciano ad accumularsi osservazioni sull'attività dei « monti fiammiferi » e delle « ignivome montagne », e le ipotesi sull'origine del « fuoco ».

LÉMERY, nel 1700, dà notizie all'Accademia delle Scienze di Parigi di una sua esperienza, nella quale un miscuglio umido di limatura di ferro e solfo, sepolto ad una certa profondità si è infiammato ed ha prodotto una detonazione.

La « fermentazione di pietre focaie ed altre materie sulfuree » viene sostanzialmente accettata da molti scienziati del tempo come innesco degli incendi sotterranei, che sono poi alimentati da bitumi, petroli o carbon fossile (BUFFON, 1770; DOLOMIEU, 1788; SPALLANZANI, 1792; DELAMÉTHÉRIE, 1797), mentre fra i componenti delle esalazioni vengono identificati una serie di « fluidi elastici » (acido solforoso, acido muriatico, aria epatica, aria flogistica, aria infiammabile, aria fissa).

\* Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università, via La Pira 4, 50121 Firenze.

Nonostante lo stadio abbastanza primitivo delle conoscenze al riguardo, è chiaro al DOLOMIEU che « i fenomeni terribili che avvengono durante le eruzioni sono prodotti dallo svolgimento di sostanze elastiche », così come lo SPALLANZANI auspica « la raccolta e l'esame chimico dei gas delle vulcaniche effervescenze », pur riconoscendo che « per l'evidente pericolo di restar vittime di malconsigliata curiosità è possibile solo averne contezza indiretta osservando le gazoze sostanze che si sollevano dai vulcani passati allo stato di tranquillità ».

Il ruolo determinante del degassamento del magma nei fenomeni eruttivi ed esplosivi, l'importanza dello studio della composizione chimica dei gas e la difficoltà intrinseca a tale tipo di indagini, aspetti fondamentali della ricerca sui vulcani attivi, sono quindi già esplicitamente evidenziati alla fine del secolo XVIII, ai primordi della vulcanologia.

Dovranno trascorrere però ancora sessant'anni prima di arrivare ad una sintesi organica delle conoscenze acquisite sulla composizione delle esalazioni vulcaniche e sui fattori che la influenzano.

È infatti SAINTE-CLAIRE DEVILLE nel 1855 che, sulla base delle osservazioni effettuate al Vesuvio durante l'eruzione dell'anno precedente, propone cinque classi di fumarole, caratteristiche di decrescente intensità vulcanica, e cioè:

- 1<sup>a</sup> - Fumarole secche; emettono direttamente dalla lava incandescente, i vapori si mescolano essenzialmente con aria atmosferica; sublimati di cloruri metallici e traccia di solfati;
- 2<sup>a</sup> - Fumarole acide; emettono da fratture della lava; vapor d'acqua, con acido cloridrico e solforoso; sublimati di cloruro di ferro e di rame;
- 3<sup>a</sup> - Fumarole contenenti vapor d'acqua e acido solfidrico o solfo libero; temperatura raramente eccedente 80° C;
- 4<sup>a</sup> - Mofete; emissione di vapor d'acqua con anidride carbonica; appaiono quando l'intensità vulcanica è divenuta assai debole;
- 5<sup>a</sup> - Fumarole con solo vapor d'acqua.

Lo stesso autore formula successivamente la cosiddetta legge che « la natura delle esalazioni emesse in uno stesso punto varia con il tempo che è trascorso dall'inizio dell'eruzione, mentre ad un dato momento la natura delle fumarole in punti diversi varia con la distanza dal centro eruttivo ».

Una conferma sostanziale di questa legge empirica è fornita qualche anno più tardi dalle analisi di FOUQUÉ sulle fumarole di Vulcano, che sono riportate nella tabella 1.

L'indagine chimica delle esalazioni che aveva già consentito di osservare idrogeno libero (BUNSEN, 1853) e metano (SAINTE-CLAIRE DEVILLE, LEBLANC e FOUQUÉ, 1863), rivelò successivamente monossido di carbonio ed altri idrocarburi (LIBBEY, 1894) ed argon (MOISSAN, 1902).

L'analisi dei sublimati aveva già da lungo tempo evidenziato la presenza di una serie di costituenti minori (fluoro, boro, ammonio, ferro, sodio, potassio, rame, ecc) la cui bassa concentrazione non ne consentiva la determinazione con i mezzi impiegati per la fase gassosa.

Tuttavia, se più numerose erano le osservazioni, all'inizio del 1900 il problema dell'origine e delle cause delle esalazioni era ancora indeterminato e sostanzialmente processi di infiltrazione di acqua marina all'interno di sistemi vulcanici, degassamento del nucleo terrestre o reazioni all'interno delle rocce, venivano propugnati da autorevoli sostenitori come spiegazione del fenomeno.

Nel 1823 GAY-LUSSAC aveva auspicato la conoscenza della natura dei vapori esalati da un gran numero di vulcani; poichè la causa della loro attività appariva certamente la medesima, i prodotti comuni a tutti avrebbero potuto farla scoprire.

Pregevoli compilazioni dei dati esistenti sulla composizione dei gas vulcanici sono dovute ad ALLEN (1922) e WHITE e WARING (1963); studi sistematici e prolungati sono stati condotti alle Hawaii, in Giappone, a Kamchatka.

TABELLA 1

*Analisi delle fumarole di Vulcano eseguita da FOUQUÉ (1865)*

	Fumarola fortemente acida con deposito di $AsS_2$ , $FeCl_3$ , $NH_4Cl$ Temperatura > 360°	Fumarola fortemente acida con deposito di $AsS_2$ , $FeCl_3$ , $NH_4Cl$ Temperatura = 250°	Fumarola fortemente acida con deposito di $AsS_2$ , $FeCl_3$ , $NH_4Cl$ Temperatura = 150°
Acidi cloridrico e solforoso	73,80	66,00	27,19
Acido carbonico	23,40	22,00	59,62
Ossigeno	0,52	2,40	2,20
Azoto	2,28	9,60	10,99
	Fumarola a 100° debolmente acida	Fumarola a 100° debolmente acida	
Acidi cloridrico e solforoso	7,3	0,0	
Acido carbonico	68,8	63,59	
Acido solfidrico	10,7	tracce	
Ossigeno	2,7	7,28	
Azoto	11,2	29,13	

L'indagine chimica si è rivolta ai gas rari, agli isotopi stabili e radioattivi, e sono stati individuati idrocarburi superiori; le nuove tecniche disponibili hanno consentito di approfondire la ricerca sui gas occlusi in rocce magmatiche di origine profonda, mentre sono state calcolate le condizioni di equilibrio fra i vari costituenti delle fasi gassose, per un largo campo di temperature e pressioni.

La tettonica a placche ha inoltre portato un contributo sostanziale per spiegare la distribuzione geografica dei vulcani, il chimismo dei loro prodotti solidi ed il tipo della loro attività.

Nonostante questi evidenti e sostanziali progressi delle conoscenze, ad un quesito sull'origine dei gas vulcanici e sulla loro possibile influenza sul decorso dell'attività di un sistema eruttivo, non siamo in grado di fornire una risposta molto più soddisfacente di quanto potessero gli studiosi di un secolo fa.

Sappiamo però che la conoscenza della natura cammina a piccoli passi, anche

se talvolta l'intuizione geniale di qualche ricercatore più dotato fa accelerare un po' l'andatura.

I vulcani, pur affascinanti e stimolanti da sempre la fantasia degli uomini, sono divenuti l'oggetto di indagine scientifica con grande ritardo rispetto ad altri fenomeni naturali; gli evidenti disagi connessi a questo tipo di studio hanno contenuto gli entusiasmi ed il numero di ricercatori è sempre stato relativamente esiguo.

Le eruzioni sono rarefatte nel tempo e nello spazio, e le manifestazioni gassose che le accompagnano, che potrebbero fornire lumi decisivi per la comprensione del fenomeno, sono pericolose da avvicinare e di composizione estremamente variabile; quindi la difficoltà di interpretazione dei risultati analitici è stata aggravata dalle incertezze sulla rappresentatività dei campioni raccolti.

Tutto ha concorso perciò a ritardare il cammino della scienza su questa strada, ma la possibilità di arrivare un giorno ad evitare agli uomini le conseguenze di tanti disastri naturali prodotti da variazioni nell'attività vulcanica, finora impossibili da prevedere, conferisce validità ed importanza ad ogni pur piccolo contributo che la ricerca potrà fornire.

È scopo di questa tavola rotonda di fornire una breve panoramica dello stato dell'arte nell'indagine sulle esalazioni vulcaniche, per evidenziarne la validità e le manchevolezze, e, se possibile, per sollecitare le critiche ed il contributo costruttivo di coloro che, pur impegnati nella ricerca geomineralogica, non sono studiosi delle « sostanze elastiche aeriformi che escono dai sotterranei incendi ».

Vorrei aggiungere una considerazione finale.

Gli scienziati dei secoli passati disponevano di risorse tecniche limitate, enormemente più ridotte rispetto a quelle odierne; pure, leggendo i loro lavori, non possiamo fare a meno di constatarne la cura e spesso anche l'elevato livello scientifico.

I progressi tecnici compiuti non hanno portato ad un proporzionale accrescimento della qualità e del valore scientifico.

Non mi sembra azzardato attribuire questa lacuna alla eccessiva fiducia che viene tuttora riposta nelle risorse tecniche, la quale ha finito per avvilitare le capacità deduttive della mente umana; forse, se ce ne convinciamo, oltre che ricercatori migliori avremmo anche uomini migliori.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEN E. T. (1922) - *Chemical aspects of volcanism with a collection of the analyses of volcanic gases*. Franklin Institute Jour., 193, 29-80.
- BUFFON M. (1770) - *Storia naturale, generale e particolare*. Milano.
- BUNSEN R. (1853) - *Recherche sur la formation des roches volcaniques en Islande*. Ann. Chimie et Physique, 3<sup>a</sup>, 38, 215-289.
- CLARKE F. W. (1911) - *Data of geochemistry*. U.S.G.S. Bull., 491.
- DELAMÉTHÉRIE J. C. (1797) - *Théorie de la Terre*. Paris.
- DOLOMIEU D. (1788) - *Mémoire sur les Iles Ponces et catalogue raisonné des produits de l'Etna*. Paris.

- FOUQUÉ F. (1865) - *Sur les phénomènes éruptifs de l'Italie méridionale*. Comptes Rendus, 61, 564-569.
- GAY-LUSSAC J. L. (1823) - *Réflexions sur les volcans*. Ann. Chimie et Physique, 1<sup>a</sup>, 22, 415-429.
- LEMERY M. (1700) in DELAMÉTHÉRIE J. C. (1797) - *Théorie de la Terre*.
- LIBBEY W. (1894) - *Gases in Kilauea*. Am. Jour. Sc., 3<sup>a</sup>, 47, 371-372.
- MOISSAN H. (1902) - *Sur la présence de l'argon, de l'oxyde de carbone et des carbures d'hydrogène dans les gaz des fumerolles du Mont Pelé à la Martinique*. Comptes Rendus, 135, 1085-1088.
- SAINTE CLAIRE-DEVILLE CH. (1855) - *Lettres sur les phénomènes éruptifs de l'Italie méridionale*. Bull. Soc. Géol. France, 2<sup>a</sup>, 13, 606-643.
- SAINTE-CLAIRE DEVILLE CH. (1856) - *Mémoire sur les émanations volcaniques*. Bull. Soc. Géol. France, 2<sup>a</sup>, 14, 254-279.
- SAINTE-CLAIRE DEVILLE CH., LEBLANC F. e FOUQUÉ F. (1863) - *Sur les émanations à gaz combustibles qui se sont échappées des fissures de la lave de 1794, à Torre del Greco, lors de la dernière éruption du Vésuve*. Comptes Rendus, 56, 1185-1189.
- SPALLANZANI L. (1792) - *Viaggi alle due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*. Pavia.
- WHITE D. E. e WARING G. A. (1963) - *Volcanic emanations*. U.S.G.S. Prof. Paper 440-K.