

CLUB ALPINO ITALIANO

1875 SEZIONE DELL'ETNA 1975

GRUPPO GROTTE CATANIA

SETTIMANA SPELEOLOGICA CATANESE
e
SEMINARIO SULLE GROTTE LAVICHE

organizzati
sotto l'egida della
Union Internationale de Spéléologie

e
col patrocinio del
COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE DEL C.A.I.
Sottocommissione Speleologica
e della
SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA



CATANIA, 24 - 30 agosto 1975

Redazione:

Giuseppe M. LICITRA

Collaboratori:

Armando DI PAOLA

Giuseppe BAGLIO
Nicola BARONE
Franco CAVALLARO
Arrigo A. CIGNA
Franco DE FRANCISCI
Antonio MARINO
Roxanne McDERMOTT
Caterina SCARLATA
Giuseppe SPERLINGA

Edito da:

GRUPPO GROTTE CATANIA della Sezione Etna del C.A.I.

Gli Autori sono pienamente responsabili del contenuto e della forma dei lavori presentati; tranne che per i lavori di D. W. PETERSON & D. A. SWANSON e di C. WOOD, i riassunti sono stati curati da G. LICITRA con la collaborazione di R. McDERMOTT.

The Authors are responsible themselves for the contents and for the correctness of their contributions; the summaries have been compiled by G. LICITRA assisted by R. McDERMOTT, with the exception of the papers by D. W. PETERSON & D. A. SWANSON and by C. WOOD.

PREFAZIONE

L'idea della Settimana Speleologica Catanese e del Seminario sulle grotte laviche nacque gradualmente dall'esigenza, avvertita dal Gruppo Grotte Catania, di festeggiare degnamente il primo centenario della Sezione Etna del C.A.I., alla quale appartiene, e maturò grazie alla felice sintesi delle nostre esigenze e di un saggio suggerimento del Prof. Cigna, reiterato con sagace costanza.

È superfluo descrivere qui il lungo lavoro di preparazione, il fitto intrecciarsi di contatti verbali, telefonici ed epistolari con i probabili relatori del Seminario, la ricerca di finanziamenti (quasi sempre infruttosa), e tutti i dettagli tecnici e organizzativi che precedettero la Settimana Speleologica.

All'inizio di febbraio vennero spedite in tutto il mondo 1200 circolari preliminari, seguite a giugno da 300 circolari definitive. A compiere le cose intervennero anche due importanti eventi: dall'esterno, le elezioni amministrative; all'interno del Gruppo, la realizzazione della spedizione con sole corde all'Abisso di Bifurto, in preparazione da un anno ().*

Poi arrivò la fatidica « Settimana ». Tutti i soci del Gruppo si sono prodigati senza eccezione per la piena riuscita delle varie manifestazioni in programma, ma io non posso fare a meno di citare qui alcuni nomi: Armando Di Paola, che si è accollato l'ingrato onere della segreteria burocratica e amministrativa di tutta la manifestazione, curandone praticamente da solo tutti i dettagli tecnici (prenotazioni alberghiere, ristoranti, orari, mezzi di trasporto, iscrizioni, ecc.); e poi Caterina Scarlata, Nicola Aiello, Nicola Barone, Giuseppe Calcagno, Alfio Cariola, Franco Cavallaro, Franco « de Ciccis » De Francisci, Nino Lic-

Stampato con il contributo di:

- Università degli Studi, Catania
- Banco di Sicilia, Catania.

(*) Alle ore 00,15 dell'1-8-75 una squadra composta da Alfio Cariola, Nino Brancato, Pippo Calcagno, Franco Cavallaro e Armando Di Paola raggiunse dopo 12 ore di discesa il fondo dell'Abisso, inviolato fin dal 1962 (spedizione del GSP-CAI/UGET).

ciardi. Ben difficilmente avremmo potuto raggiungere i risultati ottenuti, senza la loro costante e preziosissima collaborazione prima e durante la « Settimana ».

Questo volume dovrebbe essere il logico epilogo delle nostre fatiche di due anni fa. Avremmo voluto distribuirlo prima, ma non ci è stato possibile: il lavoro di trascrizione delle registrazioni si è rivelato molto più lungo e difficile del previsto, e questo ha ritardato notevolmente la stesura dei dibattiti in forma scritta; tutte le traduzioni sono state rivedute con cura; diverse relazioni, presentate soltanto in forma orale, hanno dovuto essere sottoposte alla revisione preventiva degli autori, e non tutte ci sono state restituite. Poi c'era lo spinoso problema del finanziamento della pubblicazione... Ora siamo giunti finalmente alla conclusione.

A questo punto mi sia consentita un'osservazione: nell'ambito delle discipline interessate alla Speleologia, la Vulcanospeleologia conta molti studiosi stranieri di statura internazionale, ma nessun italiano. Il Seminario da noi organizzato ha voluto introdurre questo tema nell'ambiente speleologico italiano come sprone per serie ricerche scientifiche da condurre sull'Etna, ricerche per le quali saremo sempre ben lieti di dare la nostra collaborazione a chiunque.

Ci auguriamo dunque che il contenuto di questo volume, oltre a rappresentare un piacevole ricordo per chi ha partecipato alla Settimana Speleologica, possa invogliare tutti i nostri colleghi a familiarizzarsi con questa affascinante branca della Speleologia. Solo così saremo certi di aver raggiunto il nostro scopo.

Catania, agosto 1977.

Giuseppe M. Licitra

PROGRAMMA DELLA SETTIMANA SPELEOLOGICA

Domenica 24 agosto

mattino: Apertura della « Settimana » e inaugurazione della Mostra Internazionale del Manifesto Speleologico.
Salone dei Parlamenti e Museo Civico, Castello Ursino.

Lunedì 25 agosto

Escursione di studio alla « Grotta dei Tre Livelli », lava del 1792, Contrada Casa del Vescovo, Zafferana.

Martedì 26 agosto

mattino: Escursione di studio alla « Grotta di Serracozzo I », lava del 1971, Contrada Serracozzo, Milo.
pomeriggio: Rinfresco offerto dal Sindaco di Milo.
Municipio di Milo.

Mercoledì 27 agosto

mattino: Apertura del Seminario sulle Grotte Laviche; proiezione.
Aula B del Padiglione di Farmacia e Fisiologia, Città Universitaria.
Rinfresco offerto dal Sindaco di Catania.
Salone d'onore di Palazzo degli Elefanti.

pomeriggio: Seminario sulle Grotte Laviche; proiezione e relazioni.
Assemblea Generale Ordinaria dei soci della Società Speleologica Italiana.
Aula B del Padiglione di Farmacia e Fisiologia, Città Universitaria.

Giovedì 28 agosto

- mattino: Seminario sulle Grotte Laviche; relazioni.
pomeriggio: Seminario sulle Grotte Laviche; relazioni.
Dibattito generale.
Aula B del Padiglione di Farmacia e Fisiologia, Città Universitaria.
sera: Pranzo di chiusura in un ristorante cittadino.

Venerdì 29 agosto

- mattino: Escursione al cratere centrale dell'Etna e all'eruzione in corso sul versante Nord del vulcano.
pomeriggio: Rinfresco offerto dal Sindaco di Linguaglossa.
Municipio di Linguaglossa.

Sabato 30 agosto

- mattino: Quinta riunione annuale dei Gruppi Speleologici del C.A.I.
Salone della sezione Etna del Club Alpino Italiano.
pomeriggio: Premiazione dei Manifesti partecipanti alla Mostra e chiusura della Settimana Speleologica Catanese.
Salone della sezione Etna del Club Alpino Italiano.

COMITATO ORGANIZZATORE

Giuseppe LICITRA
Domenico CONDARELLI
Armando DI PAOLA
Giancarlo SANTI
Giuseppe SPERLINGA



COMITATO D'ONORE

S. E. Sen. Dott. Giovanni SPAGNOLLI, Presidente del Senato della Repubblica; Presidente Generale del Club Alpino Italiano.
 On.le Dott. Francesco Maria MALFATTI, Ministro della P.I.
 On.le Dott. Angelo BONFIGLIO, Presidente della Regione Siciliana.
 S.E. Dott. Domenico GASPARRI, Prefetto di Catania.
 Dott. Emanuele DE FRANCESCO, Questore di Catania.
 On.le Prof. Domenico MAGRI', Sindaco del Comune di Catania.
 Dott. Salvatore LO GIUDICE, Sindaco del Comune di Linguaglossa.
 Dott. Salvatore NICOTRA, Sindaco del Comune di Milo.
 Avv. Filippo JELO, Presidente dell'Ente Provinciale per il Turismo.
 Dott. Rosario CALI', Assessore, alla P.I. del Comune di Catania.
 Prof. Dott. Gaspare RODOLICO, Magnifico Rettore dell'Università di Catania.
 Prof. Dott. Salvatore CUCUZZA-SILVESTRI, Direttore dell'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania.
 Prof. Dott. Marcello LA GRECA, Direttore dell'Istituto Policattedra di Biologia Animale dell'Università di Catania; socio onorario del Gruppo Grotte Catania.
 Prof. Dott. Alfred RITTMANN, Istituto Internazionale di Vulcanologia del C.N.R.; socio onorario del Gruppo Grotte Catania.
 Prof. Dott. Antonio URBANO, Direttore dell'Istituto di Fisiologia dell'Università di Catania.
 Prof. Dott. Arrigo A. CIGNA, Presidente dell'Union Internationale de Spéléologie; Presidente della Società Speleologica Italiana.
 Prof. Dott. Giuseppe NANGERONI, Presidente del Comitato Scientifico Centrale del Club Alpino Italiano.
 Prof. Dott. Franco ANELLI, Direttore dell'Istituto Italiano di Speleologia.
 Avv. Mario MAUGERI, Presidente della sezione dell'Etna del Club Alpino Italiano.

ELENCO DEI PARTECIPANTI E ACCOMPAGNATORI

ABBATE Rosario	G.S. CAI, Palermo	Piazza Baida, 10 PALERMO
ABEL Gustave Ant.	Abteilung fuer Hoehlenkunde	Haus der Natur A-5020 SALZBURG Austria
ANELLI Franco	Istituto Italiano di Speleologia	V.le de Laurentis, 13/A BARI
BENEDETTI Luciano	C.N.S.A.-D.S. II Gruppo	Via S. Martino, 25 TRIESTE
BENEDETTI Ofelia		id.
BENEDETTI Daniela		id.
BENEDETTI Andrea		id.
BIANCHETTI Pierluigi	Speleo Club Roma	Via della Farnesina, 230 ROMA
BIANCO Antonio	G.S. « Aegadi »	Via Uddulena, 39 FAVIGNANA (TP)
BRUNO Luigi	Ass. Speleologica Romana	Via Etiopia, 6 ROMA
BURRI Ezio	Univ. degli Studi, L'Aquila Speleo Club Chieti	Via F. Quarantotti, 32 CHIETI
CACHIA Maurizio	G.S.L. « A. Issel »	Via F. Donaver, 27/1 GENOVA
CAPPA Giulio	Comitato Scient. C.le CAI; SSI; GG Milano CAI/SEM	P.zza 8 Novembre, 6 MILANO

CIGNA Arrigo A.	U.I.S.; S.S.I.	V.le Medaglie d'Oro, 285 ROMA	LUCREZI Roberta	id.
COLLINI Fabio	Centro Speleologico Meridionale	Via A. di Massimo, 113 NAPOLI	LUCREZI Gino	id.
COLLINI Santorelli Isab.		id.	MAIFREDI Pietro	G.S.L. « A. Issel » Via Cabella, 20/20 GENOVA
COSSUTTA Ferruccio	G.S.Bi. CAI, Biella	P.zza G. Bosco, 3 BIELLA (VC)	MANNINO Giovanni	C.A.S. Palermo; Catasto Speleolog. S.S.I. C.so Camillo F. Aprile, 189 PALERMO
FELICI Alberta	Speleo Club Roma	Via Prati dei Papi, 9 ROMA	MINGANTI Carlo	GENOVA
FINOCCHIARO Carlo	Commiss. Grotte « E. Boegan »	Via Bellosuardo, 23 TRIESTE	PARBONI Andrea	ROMA
FINOCCHIARO Roma		id.	PASQUINI Giorgio	Ist. di Geografia Univ. di Genova; S.S.I.; B.C.R.A. 5, Cheyne Place LONDON SW3 - England
FINOCCHIARO Franca		id.	PASQUINI Mary	id.
FOLLIS Gianni	G.S. «Alpi Marittime» CAI	Via Odescalchi, 1 ALBIOLO (CO)	PEANO Guido	G.S. « Alpi Marittime » CAI Via Bassignano, 5 CUNEO
FOLLIS Revello Maria G.		id.	PEANO Rosarita	id.
FORTI Paolo	U.S.B.	Via S. Vitale, 27 BOLOGNA	POLVERINI Roberto	G.S. CAI Roma Via Poggio Ameno, 106 ROMA
FORTI Errani Giovanna		id.	POLVERINI Carla	id.
GIARRUSSO Michela	CAI « Etna »	Via Caduti del Lavoro, 70 CATANIA	PRELOVSEK Vittorio	G.S.F. CAI, Firenze Via XIV Luglio, 30 SESTO FIORENTINO (FI)
GILARDI Giorgio		Via M. Cristina, 3/3 PINO TORINESE (TO)	RAGONESE Bruno	G.S. « Ugo Lago » Noto Casella Postale 76 NOTO (SR)
GRILLETTO Renato	S.S.I.	Via S. Felice, 53 PINO TORINESE (TO)	RAGONESE Franco	id.
LAURETI Lamberto	Ist. di Geografia Università di Napoli	Via Nevio, 84 NAPOLI	SALVATORI Francesco	G.S. CAI, Perugia Via S. Andrea, 1 PERUGIA
LUCREZI Alfonso	Museo di Speleologia « V. Rivera », L'Aquila	Via dei Giardini, 18 L'AQUILA	SALVATORI Cleofe	id.
LUCREZI Berti Caterina		id.	SAMMATARO Salvatore	Via Cosmo Guastella, 26 PALERMO
			TRANCHINA Annalisa	Ist. di Geologia Università di Catania Via Pietra dell'Ova, 54 CATANIA
			WOOD Christopher	Shepton Mallet Caving Club; B.C.R.A; Leicester University 6, Trafalgar Road LONG EATON Nottingham - England

ELENCO DELLE PERSONE E DEGLI ENTI ADERENTI

AMORINI Danilo, G.S. C.A.I. Perugia
BALDINI Luciano, G.S. Faentino CAI/ENAL
BERGAMINI Roberto, G.S. Veronese CAI
BIONDI Pierpaolo, G.S. Faentino CAI/ENAL
BORSIER Giorgio, G.S.F. CAI Firenze
FACCHINI Sergio, G.S. Bolognese CAI
GUZZARDI Giancarlo, G.S. CAI Roma
MANGHISI Vincenzo, Gruppo Puglia Grotte, Castellana (BA)
OROFINO Francesco, Ist. Italiano di Speleologia
PETRELLI Giampiero, G.G. Pipistrelli CAI, Terni

CIRCOLO SPELEOLOGICO ROMANO, Roma
CLUB ALPINISTICO TRIESTINO - Gruppo Grotte, Trieste
GRUPPO GROTTE « Fausto Orestano » C.A.S., Palermo
GRUPPO GROTTE « G. Trevisiol » C.A.I., Vicenza
GRUPPO SPELEOLOGICO « Alpi Marittime », C.A.I., Cuneo
GRUPPO SPELEOLOGICO AQUILANO, L'Aquila
GRUPPO SPELEOLOGICO BOLOGNESE C.A.I., Bologna
GRUPPO SPELEOLOGICO C.A.I., Roma
GRUPPO SPELEOLOGICO C.A.I., Vittorio Veneto (TV)
GRUPPO SPELEOLOGICO FAENTINO C.A.I./E.N.A.L., Faenza (FO)
GRUPPO SPELEOLOGICO FIORENTINO C.A.I., Firenze
MUSEO CIVICO DI STORIA NATURALE, Brescia
SPELEO CLUB CHIETI, Chieti
SPELEO CLUB GUBBIO, Gubbio (PG)
WORLD WILDLIFE FUND - Sezione dell'Umbria, Perugia.

ENTI FINANZIATORI

Comitato Scientifico Centrale del C.A.I., Sottocommissione Speleologica.
Società Speleologica Italiana.
Union Internationale de Spéléologie.
Ente Provinciale per il Turismo, Catania.
Amministrazione Comunale, Catania.
Amministrazione Comunale, Linguaglossa.
Amministrazione Comunale, Milo.
Banco di Sicilia, Catania
S.T.A.R. Excursions S.p.A., Linguaglossa.
Aerolinee ITAVIA.

LA SETTIMANA SPELEOLOGICA CATANESE

Per celebrare il centenario della sezione di appartenenza il G. G. Catania della Sezione Etna del C.A.I. ha organizzato una serie di manifestazioni, svoltesi a Catania dal 24 al 30 agosto 1975 sotto il nome di « Settimana Speleologica Catanese », con la partecipazione di numerosi speleologi venuti da ogni parte d'Italia e anche dall'estero.

Le manifestazioni hanno avuto inizio la mattina del 24 agosto con una semplicissima cerimonia nell'austero Salone dei Parlamenti del Castello Ursino, il maniero di epoca normanna in cui ha sede il Museo Civico, dove il Presidente della Sezione dell'Etna del C.A.I., Avv. Mario Maugeri, ha rivolto agli Ospiti e alle Autorità presenti il benvenuto a nome della Sezione e del Gruppo organizzatori, tracciando quindi una breve storia dei cento anni della Sezione e soffermandosi in particolare sull'attività svolta dal Gruppo Grotte Catania in seno alla Sezione.

Subito dopo il discorso di apertura la prof.ssa Caterina Scarella, socia del Gruppo, ha tagliato il nastro della Mostra Internazionale del Manifesto Speleologico, allestita in una sala del Museo, gentilmente concesso per l'occasione dall'Amministrazione Comunale di Catania.

Alla Mostra, che è rimasta aperta tutta la settimana, erano esposti manifesti inviati da diversi Gruppi ed Enti italiani e stranieri, oltre all'intera collezione di manifesti speleologici della Commissione Grotte « E. Boegan » del C.A.I. di Trieste.

Lunedì 25 i partecipanti si sono riuniti di buon mattino presso la sede del C.A.I. per prendere parte in pullmann alla prima escursione in programma alla « grotta dei Tre Livelli », uno dei più classici esempi — sull'Etna — di grotte laviche di scorrimento, sita a quota 1750 sul versante SE del vulcano, nelle lave dell'eruzione del 1792. La cavità, che presenta una vasta gamma di caratteristiche morfologiche tipiche delle grotte laviche di scorrimento, era stata attrezzata per l'occasione con scale a pioli e corrimano di corda (sull'Etna non

vi sono cavità turistiche), per consentire agevolmente la visita a tutti i partecipanti all'escursione (vedi Appendice III.A).

Dopo l'escursione la comitiva raggiungeva il Rifugio-Albergo del C.A.I. « G. Sapienza » per la colazione; i partecipanti all'escursione dedicavano il pomeriggio alla visita dei dintorni del Rifugio, nei pressi del quale si apre il « pozzo del Monte Silvestri Inferiore », al centro del cratere dal quale prende nome, caratteristica cavità di frattura eruttiva.

La giornata di martedì è stata dedicata alla seconda escursione prevista dal programma, avente come meta la « grotta di Serracozzo I », sita a quota 1840 nel vallone omonimo sul versante E dell'Etna. La grotta, giovanissima, si è formata in seguito all'eruzione 1971 alla radice della colata che lambì la periferia dell'abitato di Fornazzo e si arrestò a breve distanza dal Comune di Sant'Alfio. Si tratta di una cavità abbastanza complessa, pur nella sua semplicità, in quanto il suo primo tratto è costituito da una grotta di fessura (attraverso la quale la lava raggiungeva la superficie), mentre la seconda parte è costituita da un lungo tubo di lava non ramificato, sovrastato da tubi minori (vedi Appendice III.B).

Dopo la colazione al sacco, consumata presso il Rifugio C.A.I. « S. Citelli », la comitiva visitava il fronte della stessa colata nel vallone Cava Grande sotto Fornazzo, il leggendario « Castagno dei Cento Cavalli », presso Sant'Alfio, e la località Ripa della Naca, dove si trova la frattura eruttiva della disastrosa eruzione che nel 1928 raggiunse il mare dopo aver distrutto la cittadina costiera di Mascali.

Alle 18 la comitiva veniva ricevuta nel Municipio di Milo dal Vice-Sindaco Sig. Russo e da alcuni Assessori; l'incontro, iniziato in un'atmosfera formale, si ravvivava all'apparire di alcuni vassoi di pasticcini di mandorla e si concludeva in cameratesca allegria con numerosi brindisi a base di ottimo vino del luogo.

Il 27 agosto mattina, alla presenza di Autorità civili, militari e accademiche, nell'aula B del Padiglione di Farmacia e Fisiologia dell'Università di Catania, si inaugurava solennemente il Seminario sulle Grotte Laviche, manifestazione centrale della Settimana, del quale è riferito in dettaglio nella seconda parte del presente volume. Qui aggiungiamo soltanto che il 27 sera aveva luogo, nella stessa aula, l'Assemblea Generale Ordinaria della Società Speleologica Italiana, mentre la sera del 28, dopo la chiusura dei lavori, i partecipanti, gli organizzatori e numerosi ospiti concludevano la due giornate in autentico stile speleologico in un noto ristorante cittadino.

Venerdì 29 i partecipanti, in due comitive separate, hanno preso parte all'escursione al cratere centrale dell'Etna.

La prima comitiva, guidata da Cariola, Cavallaro e Condarelli, partiva da Catania di buon mattino con la corriera di linea per il Rifugio Sapienza e da qui, con i mezzi fuori-strada che servono il versante meridionale del vulcano, raggiungeva il cratere centrale, dove sostava per la colazione al sacco. Successivamente, scendendo lungo il versante Nord, proseguiva fino alle bocche dell'eruzione in corso, apertesi verso quota 2700 nel febbraio '75, per osservare da vicino lo sgorgare della lava e il suo modo di procedere e infine, dopo una traversata in quota, la comitiva raggiungeva la pista rotabile, dove erano in attesa i fuori-strada della STAR Excursions, che li trasportavano fino alla pineta Ragabo di Linguaglossa.

La seconda comitiva, guidata dal Prof. Cucuzza-Silvestri e da Licitira, raggiungeva invece la pineta di Linguaglossa in pullman dopo aver attraversato tutto il versante orientale dell'Etna tra vigneti, boschi e frutteti, con soste per osservazioni morfologiche a Fornazzo (eruzione 1971) e a Ripa della Naca (eruzione 1928), e dopo la colazione nel ristorante della pineta proseguiva per il cratere centrale con i fuori-strada della STAR Excursions, attraverso il desolato e affascinante paesaggio lunare del versante Nord.

Dopo il ricongiungimento delle due comitive alla stazione di partenza della Soc. STAR, i partecipanti proseguivano per Linguaglossa, dove venivano accolti in Municipio dal Sindaco Dott. Lo Giudice, che offriva un rinfresco a base di specialità del luogo.

Sabato 30 agosto, giornata conclusiva della Settimana, vedeva al mattino, nel salone della Sezione Etna del C.A.I., i rappresentanti dei numerosi Gruppi Speleologici C.A.I. intervenuti per la V Riunione Annuale, che si svolgeva sotto la presidenza del prof. Finocchiaro, Presidente della Sottocommissione Speleologica.

Nel corso della riunione, tra i vari problemi comuni dibattuti, veniva dato particolare risalto alla spiacevole situazione di stentata tolleranza o — addirittura — di aperto contrasto con gli Organi ufficiali della Sezione, in cui troppo spesso vengono a trovarsi e a dover operare (con conseguenze evidentemente negative per l'attività) numerosi Gruppi Speleologici, tanto da far sentire sempre più pressante l'esigenza di un deciso intervento degli Organi centrali del Sodalizio, a tutela dell'autonomia operativa dei Gruppi, che oggi rappresentano una notevole componente delle nuove forze dell'Associazione; parimenti veniva a lungo dibattuto sull'esigenza di una revisione del Regolamento

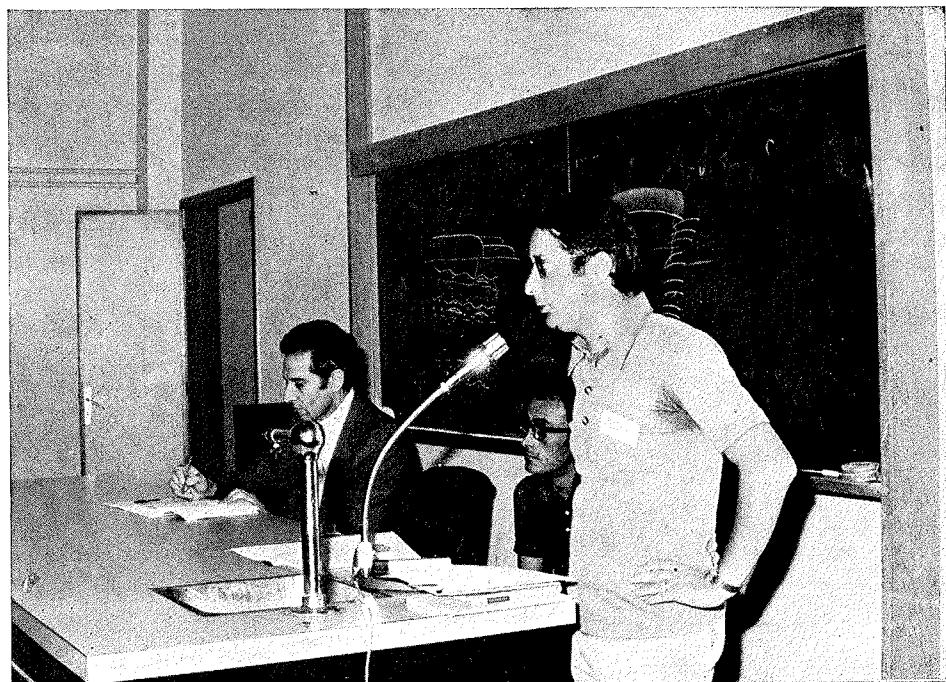
della Scuola di Speleologia, e si giungeva alla nomina di un gruppo di lavoro, coordinato da Salvatori, al quale veniva affidato il mandato di predisporre una bozza di nuovo regolamento da sottoporre alla successiva Assemblea dei Rappresentanti, per l'approvazione. Al termine della riunione veniva offerto un rinfresco, curato magistralmente da Caterina Scarlata, che faceva gli onori di casa.

Nel pomeriggio, dopo la riunione della Giuria, sempre presso la sede del C.A.I.-Etna aveva luogo la premiazione dei manifesti partecipanti alla Mostra, come è riferito nell'Appendice II del volume; al termine della premiazione, dopo uno scambio di indirizzi tra Grilletto, in rappresentanza della S.S.I., e Licitra, un brindisi concludeva le fatiche della Settimana Speleologica Catanese.

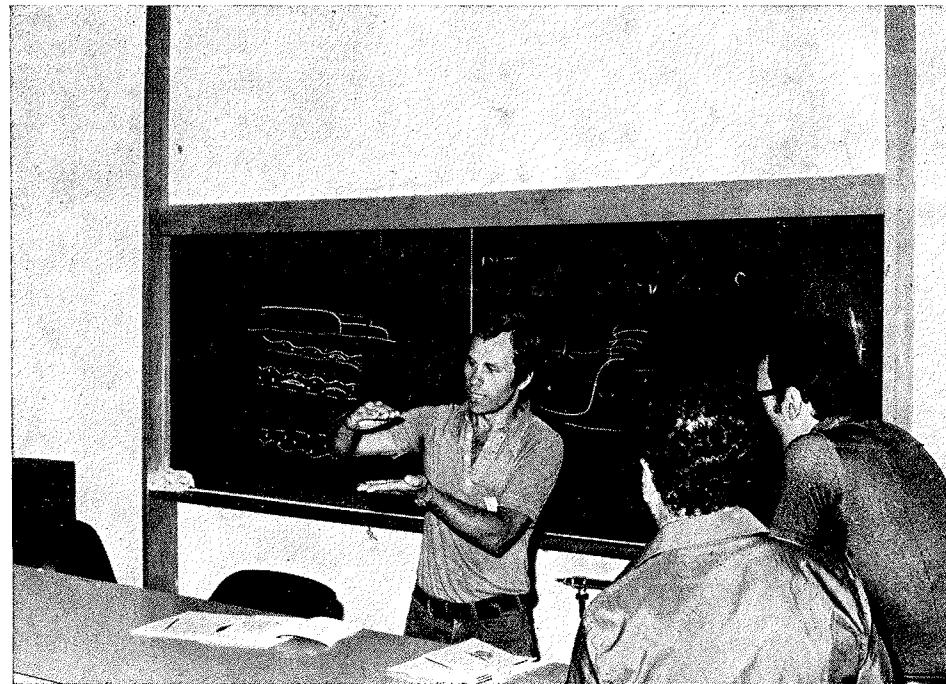
MOMENTI DELLA SETTIMANA SPELEOLOGICA CATANESE



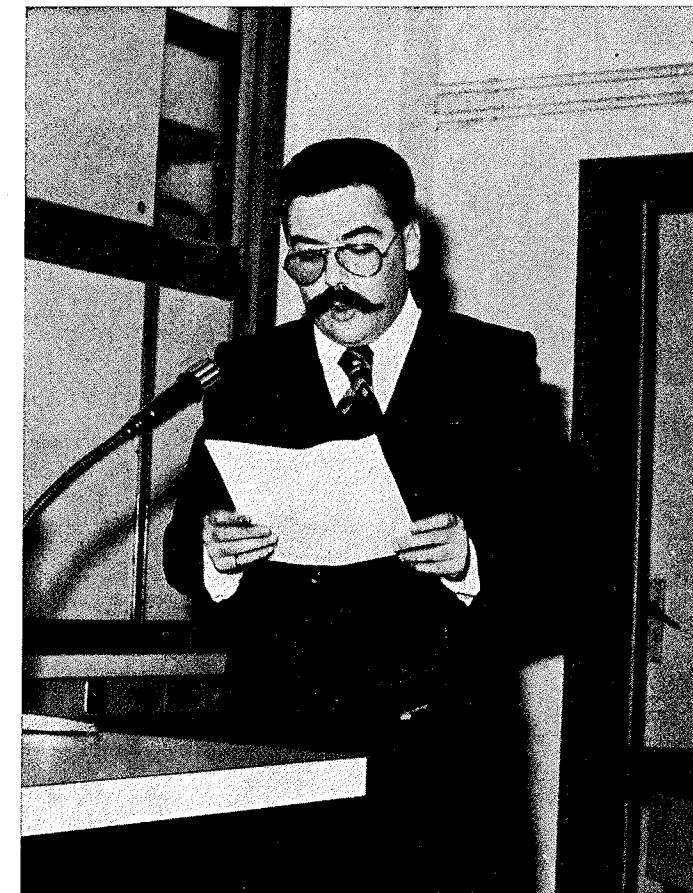
La Prof.ssa Scarlata inaugura la Mostra Internazionale del Manifesto Speleologico.



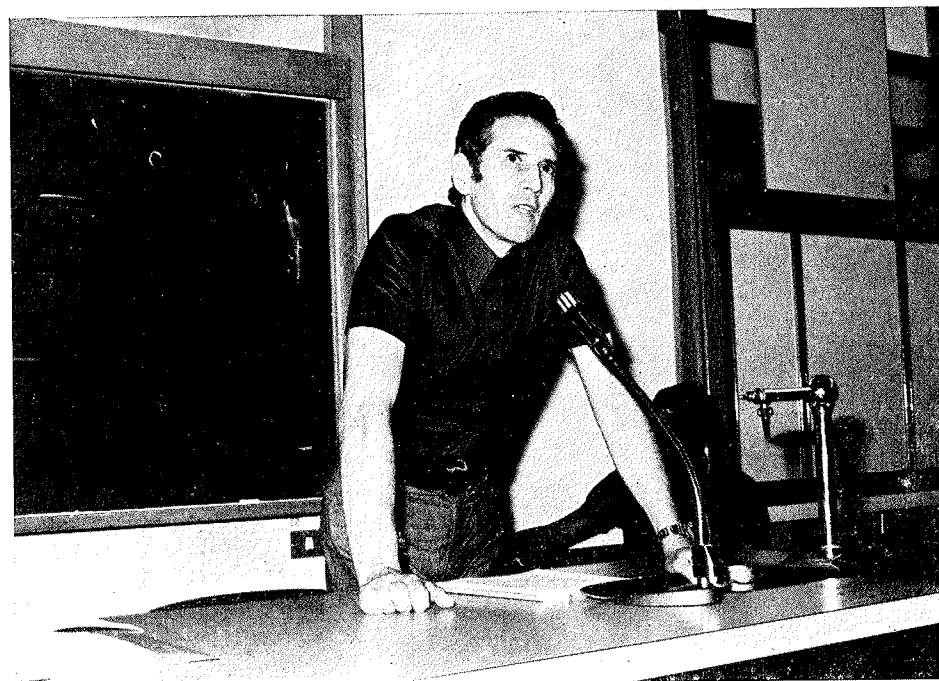
Seminario sulle Grotte Laviche. Il Dott. Lucrezi legge la sua comunicazione.



Seminario sulle Grotte Laviche. Un intervento del Dott. Wood.



Seminario sulle Grotte Laviche. Il Sig. Picone illustra i ritrovamenti archeologici nel territorio Etneo.



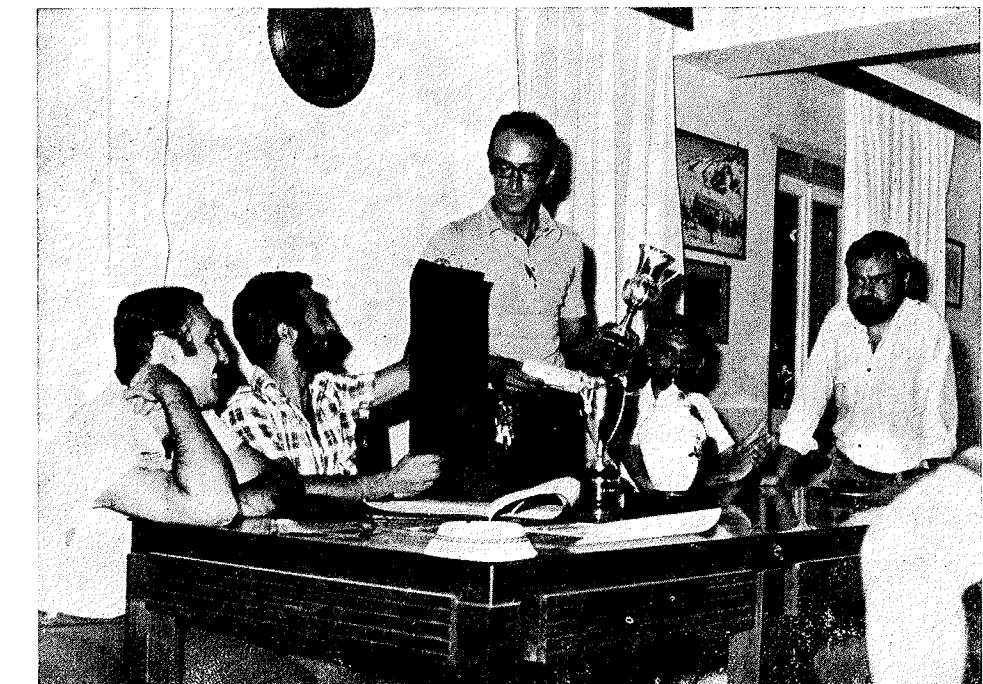
Seminario sulle Grotte Laviche. La Relazione del Prof. Cucuzza-Silvestri.



Seminario sulle Grotte Laviche; indirizzi di commiato. Da sinistra: il Prof. Finocchiaro, il Sig. Licitra e il Prof. Cigna.



Cena di chiusura. Un brindisi.



Premiazione dei Manifesti e chiusura della Settimana Speleologica. Da sinistra: il Dott. Santi, il Prof. Di Paola, il Sig. Licitra, il Prof. Sperlinga e il Sig. Condarelli.

**ATTI DEL SEMINARIO
SULLE GROTTE LAVICHE**

Aula B del Padiglione di Farmacia e Fisiologia
Città Universitaria

Catania, 27-28 agosto 1975

INTRODUZIONE

Il notevole sviluppo della Speleologia in questi ultimi anni ha portato, talvolta, a « saturare » gli argomenti della Speleologia classica, delle grotte carsiche cioè, portando l'attenzione verso altre forme più insolite. Così si è assistito ad un crescente interesse verso la Vulcanospeleologia.

Lo sviluppo maggiore di questa specialità è stato riscontrato in Spagna, in Inghilterra, negli U.S.A. Curiosamente l'Italia, benché sia l'unico Paese europeo con vulcani attivi sul proprio territorio, era praticamente assente in questo campo.

Così, quando i colleghi di Catania mi hanno informato della loro intenzione di organizzare una manifestazione speleologica per festeggiare il centenario della fondazione della Sezione Etna del C.A.I., ho subito pensato a qualcosa sulle grotte laviche, e dopo una serie di contatti e di « amichevoli persuasioni » è stata varata l'idea del Seminario sulle Grotte Laviche.

Le esitazioni degli organizzatori derivavano da un certo timore di non riuscire a mettere insieme qualcosa di valido. In realtà quanti hanno poi partecipato al Seminario hanno mostrato di apprezzare moltissimo l'iniziativa.

Il numero e la qualità dei contributi fanno di questi Atti un documento aggiornato sullo stato delle conoscenze in campo vulcanospeleologico. A questo proposito vorrei mettere in evidenza come il confronto dei fenomeni osservati in colate laviche sottomarine, sulla terraferma e sulla Luna ha mostrato che le dimensioni delle grotte di scorrimento lavico sono essenzialmente regolate da due parametri: la forza di gravità e la dispersione di calore. La variabilità del fenomeno è molto vistosa (alcuni ordini di grandezza) passando da uno all'altro degli ambienti prima citati.

Mi auguro che la pubblicazione di questi Atti possa costituire l'occasione pratica per dare corso a nuove e più approfondite ricerche sulle grotte laviche e sui fenomeni connessi: i giorni trascorsi

a Catania nell'agosto 1975 ci hanno mostrato quanti problemi siano ancora insoluti.

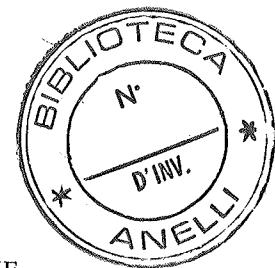
Sono lieto, intanto, di ringraziare i colleghi di Catania per il loro impegno e le loro fatiche e, in particolare, il Direttore del Gruppo Grotte Catania, G. Licitra, alla cui solerzia si deve la buona riuscita dell'iniziativa.

Arrigo A. Cigna
Presidente dell'
Union Internationale de Spéléologie

S E R V I Z I T E C N I C I

Registrazione e audio: Alfio CARIOLA
Proiezioni: Alfio CARIOLA
Trascrizione: Nicola BARONE, Alfio CARIOLA, Francesco CAVALLARO, Giuseppe M. LICITRA
Fotografia: Franco DE FRANCISCI

N.B.: Durante la lettura delle relazioni e la partecipazione ai dibattiti il Dott. Wood è stato assistito da Gabriella ALBANESE, Rosaria LA PIANA e Giuseppe M. LICITRA.



COMITATO SCIENTIFICO

Dott. Prof. Alfred RITTMANN, Ist. Internaz. di Vulcanologia del C.N.R.;
Gruppo Grotte Catania. Presidente.

Dott. Prof. Arrigo A. CIGNA, Presid. Un. Internat. de Spéléologie;
Presid. Soc. Spel. Italiana.

Sig. Domenico CONDARELLI, Ist. Internaz. di Vulcanologia del C.N.R.;
Gruppo Grotte Catania.

Dott. Prof. Salvatore CUCUZZA-SILVESTRI, Dir. Ist. di Vulcanologia
dell'Università di Catania.

Dott. Prof. Marcello LA GRECA, Dir. Ist. Policatt. di Biologia Animale
dell'Univ. di Catania; Gruppo Grotte Catania.

Dott. Prof. Giuseppe NANGERONI, Presid. Comitato Scient. Centr. del
Club Alpino Italiano.

Dott. Romolo ROMANO, Ist. Internaz. di Vulcanologia del C.N.R.

Dott. Giuseppe SPERLINGA, Ist. Pol. di Biol. Anim. Univ. di Catania;
Gruppo Grotte Catania.

Dott. Letterio VILLARI, Ist. Internaz. di Vulcanologia del C.N.R.

Sig. Giuseppe M. LICITRA, Gruppo Grotte Catania, Segretario.

PROGRAMMA DEL SEMINARIO SULLE GROTTE LAVICHE

Mercoledì 27 agosto

ore 10,00 PRIMA SEDUTA

- Inaugurazione del Seminario; indirizzi di saluto.
- Proiezione delle immagini riprese durante l'eruzione etnea 1971 (versante Est) dal Dott. Romolo Romano; commento di Domenico Condarelli.

ore 15,30 SECONDA SEDUTA

- Proiezione del documentario «*Etna, anatomia di un vulcano*», del Cav. Vincenzo Barbagallo.
- Relazione del Prof. Alfred Rittmann (presentata dal Dott. Romolo Romano): «*La formazione delle grotte vulcaniche*». Discussione.
- Relazione del B.Sc. Christopher Wood (presentata da Domenico Condarelli): «*Factors contributing to the genesis of caves in lava*». Discussione.

ore 18,00 — Sospensione dei lavori per l'Assemblea Generale Ordinaria dei Soci della Società Speleologica Italiana.

Giovedì 28 agosto

ore 9,00 TERZA SEDUTA

- Relazione dei Dott. Donald W. Peterson e Donald A. Swanson (presentata dal Dott. Letterio Villari): «*Formazione di tubi lavici, osservata durante l'eruzione 1970-71 del vulcano Kilauea, Hawaii*». Discussione.
- Relazione del Dott. Cliff D. Ollier (presentata da Giuseppe Licitria): «*Lava caves, lava channels and layered lava*». Discussione.
- Comunicazione del Prof. Joaquin Montoriol-Pous e di D. Jorge De Mier: «*Estudio de un caso de captura subterránea de una corriente de lava, observado en la Cueva de Don Justo (Isla de El Hierro, Canarias)*».
- Comunicazione del Dott. Giorgio Pasquini: «*Convergenze e diversità delle forme vulcaniche e di quelle carsiche*».
- Comunicazione del Dott. Ronald Greeley (presentata dalla Prof.ssa Caterina Scarlata): «*Lava tubes on other planets*».

- Comunicazione del Dott. Alfonso Lucrezi: « *Le prime esplorazioni di grotte laviche* ».
- Comunicazione del Dott. Fabio Brunelli e del Prof. Blasco Scammacca: « *Le grotte dell'Etna: stato attuale delle conoscenze* ».

ore 15,30 QUARTA SEDUTA

- Relazione del Prof. Domenico Caruso: « *La problematica biologica delle cavità nelle lave* », Discussione.
- Relazione di Efisio G. Picone: « *Presenze umane di età preistorica nel territorio etneo* », Discussione.
- Relazione del Prof. Salvatore Cucuzza-Silvestri: « *Le grotte vulcaniche dell'Etna e il loro studio* », Discussione.

ore 18,00 DISCUSSIONE GENERALE.

SEDUTA INAUGURALE

Mattino del 27 agosto 1975

Giuseppe M. LICITRA, Direttore del Gruppo Grotte Catania

Cari Amici e Colleghi,

Il 24 aprile 1875, in un albergo di Catania, veniva fondata la Sezione Etnea del Club Alpino Italiano, che oggi festeggia i suoi primi cento anni di vita. Per celebrare questa importante ricorrenza, questa pietra miliare nella vita del nostro Sodalizio, il Consiglio Direttivo della Sezione ha organizzato numerose manifestazioni, alcune già realizzate, altre da realizzare più in là.

Noi del Gruppo Grotte Catania non potevamo mancare a questo importantissime appuntamento, e il nostro contributo alle celebrazioni del centenario doveva necessariamente essere in carattere con la nostra attività. Da qui è scaturita l'idea di un'intera settimana dedicata alla Speleologia e in particolare alla Speleologia nelle lave: non per nulla ci vantiamo di avere dietro l'angolo di casa il maggior vulcano attivo d'Europa, non per nulla dedichiamo ad esso e alle sue grotte gran parte della nostra attività. Da qui infine è nata l'idea del Seminario sulle Grotte Laviche che oggi inauguriamo, anche se il primo propugnatore di quest'idea — è doveroso riconoscerlo — è stato il Prof. Arrigo Cigna, stimato Presidente della Società Speleologica Italiana.

Il Comitato Organizzatore e tutti i soci del Gruppo Grotte hanno cercato di dare il meglio di sè, senza riserve, per fare in modo che ognuno di voi si sentisse a proprio agio nella nostra Città e sulla nostra bella « Muntagna »; speriamo di esserci riusciti, e se non è così vi prego di scusarci.

A tutti voi, a nome del Gruppo Grotte Catania, pongo un cordiale benvenuto e i più sentiti ringraziamenti per esservi uniti a noi nel festeggiare il centenario sezionale. Mi auguro che i lavori che ascolterete, i dibattiti cui voi stessi darete vita e ciò che avete già visto o che vedrete sull'Etna possano servire a rendervi più familiare la nostra « Speleologia in nero ».

Colgo infine l'occasione per ringraziare l'Union Internationale de Spéléologie, qui rappresentata dal suo Presidente prof. Cigna, il Comitato Scientifico Centrale del C.A.I., rappresentato dall'Ing. Giulio Cappa e dal Prof. Finocchiaro, e la Società Speleologica Italiana, anch'essa rappresentata dal Prof. Cigna, che hanno accettato di patrocinare la Settimana Speleologica e questo Seminario e che, con la nostra Università — della quale oggi siamo ospiti — e con tutte le persone e Enti Pubblici e Privati che ci hanno appoggiato, hanno reso possibile la realizzazione di questa manifestazione.

Cedo ora la parola all'Avv. Mario Maugeri, che vi rivolgerà il benvenuto della Sezione dell'Etna del C.A.I.

Avv. Mario MAUGERI, Presidente della Sezione dell'Etna del C.A.I.

È con vero piacere che, a nome della Sezione dell'Etna del Club Alpino Italiano, della quale mi onoro di essere il Presidente, vi porgo il mio benvenuto in occasione di questa manifestazione. Un benvenuto a tutti gli speleologi, un saluto a tutti gli ospiti che prendono parte a questa Settimana Speleologica.

Il Seminario sulle Grotte Laviche, mi si dice — scusate la mia incompetenza in materia — è il primo che venga organizzato in Italia e in Europa, forse nel mondo. Quindi la Sezione ha accolto con entusiasmo l'iniziativa del nostro Gruppo Grotte, e si sente particolarmente onorata per aver organizzato questo Seminario, che è stato inserito tra le manifestazioni celebrative del centenario di fondazione.

Il nostro Gruppo Grotte svolge la sua attività sin dal 1933, ed è in questa occasione che desidero ricordare uno dei pionieri della Speleologia dell'Etna, il Dott. Comm. Francesco Miceli, che del Gruppo è stato il fondatore e l'animatore per moltissimi anni.

La Sezione dell'Etna del C.A.I. si occupa soprattutto di alpinismo e di sci, ma in questi ultimi anni — grazie a questo Gruppo che si è sempre più incrementato — l'attività speleologica è diventata preminente rispetto ad altre attività che noi praticchiamo, anche rispetto allo sci, e di questo la Sezione è grata al Direttore del Gruppo, Giuseppe Licitra, e ai suoi collaboratori: il merito è soltanto loro, e se la Sezione dell'Etna ha oggi il piacere di vedervi qui, e sicuramente questo Seminario avrà il successo auspicato, questo lo dobbiamo a loro e a tutti i soci del Gruppo Grotte Catania.

Io quindi vi ringrazio ancora per essere intervenuti, ringrazio tutti coloro che hanno consentito l'organizzazione di questa manifestazione, il Magnifico Rettore dell'Università per averci ospitati in questa sede, ed auguro a tutti voi un proficuo lavoro.

Grazie.

Dott. Prof. Arrigo A. CIGNA, Presidente dell'U.I.S. e della S.S.I.

Signore, Signori e Colleghi,

Mi fa molto piacere aprire questo Seminario sulle Grotte Laviche dandovi il mio benvenuto sia a nome della Società Speleologica Italiana, sia a nome dell'Union Internationale de Spéléologie.

La manifestazione, come sapete, è stata organizzata con il patrocinio del Comitato Scientifico Centrale del C.A.I. da una parte e della Società Speleologica Italiana dall'altra, e si svolge anche sotto gli auspici dell'U.I.S.; tra l'altro mi permetto di annunciare in questa sede che l'U.I.S. è stata riconosciuta ufficialmente dall'U.N.E.S.C.O. Questo era un obiettivo che inseguivamo da parecchi anni, e che finalmente abbiamo raggiunto.

Come ricordava adesso il Presidente della sezione del C.A.I. di Catania, questo Seminario sulle Grotte Laviche è senz'altro il primo in Italia e in Europa

— non so nel mondo, non sono documentato a questo proposito; può darsi che altrove, forse nelle Hawaii o in altre zone vulcaniche, sia stato organizzato qualcosa di simile. So che anche gli spagnoli e gli inglesi si interessano attivamente a questi problemi.

Io mi sono sentito un poco implicato nell'organizzazione del Seminario sulle Grotte Laviche, perché avevo insistito a lungo con gli amici del Gruppo Grotte Catania — che sono molto contento di ringraziare per aver voluto organizzare questa impegnativa manifestazione: loro desideravano fare qualche cosa per celebrare degnamente il centenario della loro Sezione, e ho pensato che una manifestazione di questo genere, piuttosto che uno dei soliti convegni su temi scontati, sarebbe stata veramente interessante.

Praticamente tutti noi siamo non dico esperti, ma almeno frequentatori da molti anni di grotte carsiche, e di conseguenza sappiamo qualche cosa sui fenomeni carsici; viceversa molti di noi — probabilmente quasi tutti, fatta naturalmente eccezione per gli amici di Catania — non sanno praticamente nulla, se non qualcosa che si è letta in giro di tanto in tanto, sulle grotte laviche. E' dunque di estremo interesse poter ascoltare delle relazioni specifiche su questo tema e vedere qualche cosa al naturale. Ci sono state delle escursioni nei giorni scorsi e ce ne saranno in futuro; a me è spiaciuto molto non potervi partecipare, ma ero trattenuto altrove da altri impegni.

Questi problemi delle grotte laviche sono particolarmente interessanti, perché portano a delle forme, a delle situazioni che in certo senso sono analoghe a quelle delle grotte carsiche; però è chiaro che la genesi è assolutamente diversa. L'analogia si limita ad un'apparenza formale, e nient'altro.

Non voglio dilungarmi oltre. Rinnovo ancora il benvenuto a nome delle due Associazioni, quella nazionale e quella internazionale, a tutti quanti voi, e con gli auguri di ottimi lavori e ottimo successo del Seminario, ringrazio ancora gli organizzatori che hanno voluto preparare per noi tutta una serie di manifestazioni di estremo interesse.

Grazie.

LICITRA

Con il permesso dei presenti desidero dare lettura di alcuni messaggi augurali pervenutici in occasione di questa manifestazione:

« In attesa dell'incontro diretto con gli amici del C.A.I. di Catania in occasione della celebrazione del primo secolo di vita della loro sezione invio al gruppo degli Speleologi un fervido augurio di successo per l'interessante seminario sulle grotte laviche ed un vivo compiacimento per la loro intensa attività punto cordialmente Giovanni Spagnolfi Presidente Generale del C.A.I. ».

« Impegnato lavori Alto Adige prego voler scusare mia assenza auguro ottima riuscita convegno speleologico Professor Nangeroni ».

« Impossibilitato partecipare nostro convegno esprimo voti fervidi augurali pieno successo giunta di studio et escursioni Anelli ».

« Precedenti impegni non consentono mi presenziare seduta inaugurale seminario

stop confermo ricevimento partecipanti settimana venerdì 29 Palazzo di Città Linguaglossa stop auguro sicuro successo lavori settimana speleologica punto Salvatore Lo Giudice Sindaco Linguaglossa ».

« At nome Prefetto assente sede ringrazio per gentile invito et formulando auguri per secolare attività codesto sodalizio invio vivi saluti punto per il Prefetto Milone ».

Prima di dare inizio ai lavori desidero scusarmi con i presenti per due involontari contrattempi: l'assenza del Prof. Rittmann, il quale a malincuore ha dovuto rinunciare a raggiungerci in questa sede per espresso divieto del suo medico curante; inoltre la mancanza, nel programma, del lavoro da me preannunciato, riguardante la genesi delle grotte laviche. I molteplici impegni derivanti dall'organizzazione delle varie manifestazioni della Settimana Speleologica, le diverse e impegnative traduzioni dei lavori pervenuti, e tutti i grandi e piccoli contrattempi sempre presenti in queste occasioni, mi hanno infatti impedito di preparare questo lavoro in tempo utile. Ne sono spiacente, soprattutto in considerazione del fatto che esso avrebbe potuto costituire una base di partenza per una migliore comprensione dei lavori che ascolteremo in questa sede; spero che a questa involontaria mancanza possa in qualche modo supplire la mia dispensa « Vulcanismo e grotte laviche », inclusa nella cartella che ognuno di voi ha ricevuto.

Assisteremo ora alla proiezione di un documentario realizzato dal Dott. Romolo Romano, ricercatore dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia del C.N.R., durante la seconda fase dell'eruzione del 1971. Vi prego di voler scusare l'aspetto « artigiano » delle riprese: non è un vero e proprio documentario, ma piuttosto un taccuino di campagna realizzato in immagini, per meglio documentare il comportamento della lava; per inciso l'eruzione 1971 è stata oggetto, da parte del Dott. Romano insieme con i Proff. Rittmann e Sturiale, di un'interessante relazione presentata all'Accademia Gioenia di Scienze Naturali.

Ritengo questo documentario alquanto interessante, sia perchè molti di voi hanno visitato appena ieri il teatro di questa eruzione — la grotta di Serracozzo, prendendo visione del « dopo », e le immagini che ora vedremo, col commento, potranno spiegare come si è pervenuti alla formazione della grotta; sia anche perchè le immagini dell'eruzione, commentate da Condarelli — in assenza del Dott. Romano, trattenuto all'I.I.V. da inderogabili impegni di lavoro —, serviranno come introduzione per un argomento del tutto estraneo alla maggior parte di voi.

Desidero infine ricordarvi che dopo la proiezione, alle ore 12,00 siamo attesi a Palazzo degli Elefanti dall'On. Prof. Domenico Magrì, Sindaco di Catania, che sarà lieto di porgere a tutti voi il benvenuto a nome della Città. Grazie.

Segue la proiezione del documentario sulla seconda parte dell'eruzione 1971, quella detta « delle bocche del Citelli »; le immagini, alcune delle quali riprese dall'elicottero, mostrano lo sgorgare della lava dalle bocche eruttive, il suo rapido espandersi sul terreno circostante, la sua avanzata verso valle, la progressiva formazione di argini e canali, il suo comportamento in generale. Condarelli commenta le scene più interessanti, soffermandosi anche sull'aspetto umano e sociale dell'eruzione, che in poco più di un mese ricoprì e distrusse parecchie centinaia di ettari di boschi e frutteti e numerosissime case coloniche e di villeggiatura e si estinse nella prima decade di giugno, dopo aver lambito l'abi-

tato di Fornazzo e minacciato da vicino il Comune di Sant'Alfio.

Al termine della proiezione i partecipanti si trasferiscono al Palazzo degli Elefanti, dove vengono ricevuti nel salone d'onore dal Sindaco di Catania, On.le Prof. Domenico Magrì, e dal suo Capo di Gabinetto, Dott. Lucio Sciacca.

Il Sindaco rivolge ai presenti parole di caloroso benvenuto; a nome di tutti i partecipanti al Seminario risponde Licitra, che ringrazia e fa omaggio al Sindaco di una cartella contenente alcune pubblicazioni del Gruppo e passa quindi a presentare al Prof. Magrì alcuni dei partecipanti.

Viene poi servito un rinfresco, mentre il Dott. Sciacca, valente giornalista e cultore della storia catanese, dal balcone del salone illustra ai presenti i particolari architettonici della settecentesca piazza del Duomo, opera dell'architetto Giambattista Vaccarini; egli fa altresì ammirare alcune grandi tele che adornano le pareti del salone, opera del pittore catanese Sciumi.

Il ricevimento termina alle 13,00 e il Prof. Magrì si accomiata dagli ospiti augurando loro buon lavoro e auspicando il pieno successo della manifestazione.

SECONDA SEDUTA

Pomeriggio del 27 agosto 1975

CONDARELLI

Il film al quale ora assisterete, interamente girato sull'Etna e intitolato appunto « Etna, anatomia di un vulcano »⁽¹⁾, è stato realizzato dal Cav. Vincenzo Barbagallo, decano delle guide dell'Etna e figlio e nipote di guide, profondo conoscitore del nostro vulcano in tutti i suoi aspetti, anche i più inconsueti, con anni di paziente e appassionato lavoro; questo film rappresenta una felice sintesi di tutti i fenomeni cui è dato di assistere sulla nostra « Muntagna », ed è pertanto la più valida introduzione agli argomenti che tratteremo in questa sede.

Le immagini che vedrete sono assolutamente reali, e non hanno bisogno di essere commentate. Aggiungo soltanto che questo documentario è stato già proiettato in televisione ed è stato in più occasioni ospite d'onore in manifestazioni scientifiche aventi per tema la Vulcanologia o le Scienze Naturali in genere. La parola, dunque, alle immagini.

Segue la proiezione del film del Cav. Vincenzo Barbagallo.

LICITRA

Ringrazio molto il Cav. Barbagallo che aderendo gentilmente al nostro invito, ci ha consentito la visione del suo interessantissimo documentario; ritengo che nessun lavoro, per profondo e documentato che fosse, poteva introdurre meglio il tema del Seminario sulle Grotte Laviche, anche perché senza questo film avremmo dovuto tenere un « pre-seminario » sul vulcanismo.

Poiché comunque abbiamo il piacere di avere tra noi il Prof. Salvatore Cucuzza-Silvestri, Direttore dell'Istituto di Vulcanologia della nostra Università, eminente studioso e conoscitore della fenomenologia e della morfologia dell'Etna, invito coloro che volessero chiarimenti sui fenomeni illustrati nel film di rivolgere a lui le loro eventuali domande.

CUCUZZA-SILVESTRI

Ringrazio il Sig. Licitra per le cortesi parole, anche se mi trovo in questa sede in veste di semplice spettatore.

⁽¹⁾ Il film è ora disponibile presso la Cineteca Centrale del C.A.I. (n.d.r.).

Io ho l'impressione che il film sia talmente ben fatto e talmente completo, come è stato sottolineato dal presentatore, che non vi è alcun bisogno di chiarimenti; comunque sono a vostra disposizione per quei chiarimenti che potrò dare.

Visto che a quanto sembra non ci sono domande, faccio io un'osservazione: mi sembra che tanto nel film del Dott. Romano, che abbiamo visto stamattina, quanto in questo, si vedono già alcuni particolari riguardanti il tema del nostro Seminario, cioè la formazione delle grotte: quello svuotamento progressivo, così come la formazione di quelle croste sul dorso della colata, rappresentano il primo passo verso la formazione delle grotte di scorimento, o di scolamento, e quindi siamo già nel tema dei nostri lavori.

LICITRA

Ringrazio il Prof. Cucuzza-Silvestri per il suo intervento e passiamo ora alla presentazione dei lavori in programma. A questo proposito vorrei pregare i presenti di intervenire al termine di ogni relazione limitatamente all'argomento presentato, in quanto domani sera, al termine dei lavori, si terrà un dibattito generale.

Sarò estremamente grato al Prof. Cigna se, nella sua doppia veste di presidente dell'Unione Internazionale di Speleologia e della Società Speleologica Italiana, vorrà presiedere questa prima seduta scientifica.

CIGNA

Ringrazio l'amico Licitra, e tutti voi, per avermi invitato qua; io mi sento un po' fuori posto, perché sono assolutamente un profano di questo campo. Ho visto con grande interesse i due filmati, quello di stamattina e quello di oggi pomeriggio, e vorrei dire una cosa, forse anche interpretando l'idea di molti: come ha già posto in evidenza il Prof. Cucuzza-Silvestri, i film si commentavano da soli. Forse qualche osservazione avremo da farla dopo, perché adesso abbiamo visto delle cose molto belle ed esposte molto bene ma — direi — siamo ancora impreparati per dibattere su questi argomenti.

Probabilmente, ascoltando le relazioni in programma, le quali solleveranno tanti interrogativi, metteranno in evidenza tanti fatti nuovi che per noi speleologi classici, gente che si occupa di carsismo, saranno assolutamente insoliti, a quel punto avremo parecchie domande da fare ed approfitteremo quindi della cortesia del Prof. Cucuzza-Silvestri e degli altri speleovulcanologi presenti.

Passiamo subito al programma di oggi: la prima relazione, del Prof. Alfred Rittmann, è appunto « La formazione delle grotte vulcaniche ».

In assenza del Prof. Rittmann, pregherei il Dott. Romano di presentare la relazione. Grazie.

ROMANO

Il Prof. Rittmann, impossibilitato per motivi di salute a presenziare a questo Seminario, mi ha pregato di leggere in sua vece questa relazione.

A. RITTMANN — La formazione delle grotte vulcaniche (relazione presentata dal Dott. Romolo ROMANO dell'Ist. Internazionale di Vulcanologia del C.N.R.).

CIGNA

Ringrazio molto il dott. Romano che, con il lavoro del Prof. Rittmann, ci ha introdotti nel vivo dell'argomento consentendoci di ascoltare le sue interessantissime teorie sulla formazione delle grotte nelle lave. Ritengo che senza dubbio qualcuno vorrà intervenire su questo argomento.

CAPPA

Il Prof. Rittmann ha esposto le sue interessanti teorie sulla formazione dei tubi di lava e delle loro caratteristiche morfologiche interne; tuttavia non si è fatto alcun cenno alla meccanica di svuotamento dei condotti eruttivi o esplosivi, come per esempio la bocca vulcanica al centro di quel piccolo cratere nei pressi del Rifugio Sapienza. Gradirei conoscere le ipotesi sulla meccanica di formazione di questo cratere.

LICITRA

Con il permesso del dott. Romano, vorrei rispondere io all'amico Cappa, poiché tra l'altro ho avuto recentemente occasione di discutere questo specifico argomento con il Prof. Rittmann.

Debbo innanzitutto precisare che l'abisso del Monte Silvestri inferiore, al quale indubbiamente Cappa si riferisce, pur avendo all'esterno l'aspetto di un cratere esplosivo, è in realtà un cono di scorie incoerenti che si è insediato sopra una fessura eruttiva « a bottoniera » — fenomeno frequente sull'Etna; pertanto ci troviamo in realtà in presenza di una cavità di fessura eruttiva.

Il meccanismo della sua formazione può essere spiegato come segue: durante l'attività eruttiva della fessura, la spinta ascensionale della colonna magmatica, dovuta alla tensione di vapore dei suoi gas, era abbastanza forte da portare il livello del magma fino alla superficie, in quel punto, e i gas magmatici che si liberavano dalla lava con violente esplosioni proiettavano tutto intorno brandelli di lava e scorie che hanno costruito il conetto che avete visto.

Quando, sul finire dell'eruzione, la pressione idrostatica esercitata dal peso

della colonna magmatica ha avuto il sopravvento sulla spinta ascensionale dovuta ai gas endogeni, il livello del magma si è abbassato all'interno della fessura, lasciando libero il condotto che oggi vediamo e che all'esterno ha tutto l'aspetto di un cratere esplosivo.

CIGNA

Ringrazio Licitra per la risposta che ha dato e, visto che non ci sono altri interventi, ringrazio ancora il dott. Romano per la lettura della relazione, e passiamo alla seconda relazione, presentata dal dott. Wood, sui fattori che influiscono sulla genesi delle grotte laviche.

Prego quindi Condarelli di leggerci la relazione del dott. Wood e prego il dott. Wood di volersi accomodare qui vicino a noi, per poter successivamente rispondere alle richieste di chiarimenti che gli potranno essere eventualmente rivolte.

C. WOOD — Factors contributing to the genesis of caves in lava (relazione presentata da Domenico CONDARELLI dell'Ist. Internazionale di Vulcan. del C.N.R. e del Gruppo Grotte Catania del C.A.I. Etna).

CIGNA

Ringrazio molto il Dott. Wood per il lavoro che ha preparato per questo Seminario e l'amico Condarelli per averne dato lettura, nonché la Prof.ssa Scarlata per averlo tradotto.

Vorrei adesso aprire la discussione su eventuali problemi sollevati da questa relazione.

CUCUZZA-SILVESTRI

Il Dr. Wood ha visitato in questi giorni alcune grotte laviche dell'Etna; gradirei sapere se egli ha trovato conferma in tutto alle teorie generali esposte nella sua relazione, o se ha trovato delle differenze che eventualmente lo indurrebbero a rivedere alcuni concetti da lui espressi.

WOOD

La cosa che maggiormente mi ha colpito, sull'Etna, è che molte più grotte di quanto non immaginassi sono formate in lava di tipo aa, piuttosto che in pahoehoe; tuttavia la lava mi sembra estremamente viscosa e questo — credo — spiega le piccole dimensioni delle cavità etnee. In sezione trasversale esse

sono paragonabili alle grotte di tipo pahoehoe, ma non sono altrettanto lunghe. Inoltre ritengo — e conto di verificarlo quando disegnerò le topografie con le misure che ho rilevato — che la pendenza della lava risulterà probabilmente molto maggiore di quella delle grotte in lava pahoehoe.

COCO (Socio del G.G.C.)

Dalla relazione del Prof. Rittmann apprendiamo che le lave presentano esclusivamente un flusso laminare, mentre nella relazione del Dott. Wood si ammette la possibilità di un moto turbolento. Vorrei sapere se il Dott. Wood ha effettivamente riscontrato questo fenomeno, oppure se si tratta soltanto di un'ipotesi di lavoro.

WOOD

Ritengo che sia generalmente accettato che la lava si muova con moto laminare, come sostiene il Prof. Rittmann; ma in prossimità della bocca eruttiva è stato osservato che quando i gas si espandono la lava schizza fuori, e il flusso aumenta per la maggior quantità di gas presente. Questo fa pensare ad un moto turbolento, ma la cosa non è stata provata, per quanto io ne sappia; si tratta soltanto di un'osservazione basata sull'apparenza, non di un fenomeno misurato.

CIGNA

Visto che non ci sono altre richieste di chiarimenti, vorrei farne una io. Si è parlato dell'importanza della viscosità della lava; su quali fluidi, facilmente reperibili, potrebbero essere sperimentati gli effetti della viscosità?

WOOD

È una domanda molto interessante, poiché anch'io avrei pensato di realizzare modelli di grotte in fluidi come la paraffina o il bitume. Sarebbe interessante far scolare questi fluidi su superfici a pendenza variabile, per osservare la formazione dei tubi e le forme che questi potrebbero assumere.

Un'ultima osservazione. Il motivo per cui ho scritto questo lavoro è che io ritengo questo Seminario il luogo più idoneo per manifestare la necessità di coordinare i dati in nostro possesso, per confrontarli tra loro.

Ho visto grotte in lava pahoehoe e aa in diverse parti del mondo ed esse sono tutte differenti; sarebbe interessante confrontare i rilevamenti topografici delle grotte e vedere le correlazioni tra queste e i diversi tipi di lava, le diverse viscosità. Ma al momento ci mancano i dati. E questa è una richiesta, un appello per i dati!...

CIGNA

Ringrazio ancora il Dott. Wood per i chiarimenti che ci ha dato. Poiché tra mezz'ora inizierà l'Assemblea della Società Speleologica Italiana, la lettura della relazione del Prof. Ollier, per motivi organici, viene rinviata a domani, dopo la prima relazione.

Possiamo quindi considerare conclusa la prima sessione del Seminario sulle Grotte Laviche.

TERZA SEDUTA

Mattino del 28 agosto 1975

LICITRA

Nel dare inizio alla seconda giornata dei lavori, prego il Prof. Cucuzza-Silvestri di voler presiedere questa seduta.

CUCUZZA-SILVESTRI

Vi ringrazio per avermi affidato la direzione di questa seduta e passiamo subito ai lavori con la prima relazione in programma, dei Dott. Peterson e Swanson, che ci sarà presentata dal Dott. Villari. Prego quindi il Dott. Villari di volersi accomodare al microfono.

VILLARI

Gli argomenti che ascolterete oggi sono stati trattati da Donald W. Peterson e Donald A. Swanson in una nota pubblicata da *Studies in Speleology* nel 1974.

Non mi sono mai interessato di morfologia vulcanica, anche se mi occupo di Vulcanologia; tuttavia sono stato pregato dagli Autori di presentarvi questa nota — ed eventualmente di commentarla insieme — dato che di recente ho avuto occasione di trovarmi ad Hawaii, vedere i luoghi che hanno fatto da scenario alla spettacolare attività del Mauna Ulu e discutere dell'argomento con uno degli Autori, Don Peterson, durante alcune escursioni effettuate sul terreno in sua compagnia e sotto la sua guida.

A prescindere dalle osservazioni pubblicate nella nota, gli Autori — come mi hanno informato verbalmente — stanno conducendo una ricerca particolare sulle analogie esistenti tra queste forme più o meno comuni a tutti i vulcani a scudo e forme simili riprese da satellite sulla superficie lunare. Tale ricerca, basata soprattutto sulla ripresa aerofotogrammetrica di queste morfologie, dovrebbe evidenziare i caratteri di affinità tra i tubi di lava esistenti sul nostro pianeta e gli enormi «serpenti», lunghi a volte decine di km., che si sviluppano sulla superficie lunare.

D.W. PETERSON & D.A. SWANSON — Formazione dei tubi lavici osservata durante l'eruzione del 1970-71 del vulcano Kilauea, Hawaii (traduzione del testo originale, presentata dal Dott. Letterio VILLARI, dell'Ist. Internaz. di Vulc. del C.N.R.).

CUCUZZA-SILVESTRI

Ringraziamo il Dott. Villari per la nota che ci ha presentato e per i chiarimenti che ha voluto aggiungere. Grazie.

Dal momento che non ci sono interventi su questa relazione, passiamo alla lettura della relazione del Prof. Ollier da parte dell'amico Licitra, che ne ha curato anche la traduzione. Prego dunque Licitra di volersi accomodare al microfono e presentarci la relazione.

LICITRA

Sono particolarmente lieto di potervi presentare questa relazione inviata dal Dott. Ollier, che è autore — insieme con Brown — della teoria speleogenetica della « layered lava », che io personalmente condivido e ritengo validissima.

C. D. OLLIER — Lava caves, lava channels and layered lava (relazione presentata da Giuseppe M. LICITRA del Gruppo Grotte Catania).

CUCUZZA-SILVESTRI

Ringrazio l'amico Licitra per la lettura del lavoro del Prof. Ollier e per i chiarimenti che ha voluto aggiungere sulla teoria della « layered lava ». Passiamo ora agli eventuali interventi sugli argomenti trattati in questa relazione. Dott. Wood, prego.

WOOD

Sono stato chiamato in causa come uno dei maggiori critici della teoria della « layered lava », ed accolgo con piacere questo lavoro del Prof. Ollier.

La teoria di Ollier e Brown venne enunciata quando la vulcanospeleologia, come disciplina scientifica, era appena agli albori, e fu fonte di fruttuose discussioni sulla genesi dei tubi lavici. Negli anni '60 le informazioni sulla formazione dei tubi di lava, basate sull'osservazione diretta, erano molto scarse e Ollier e Brown furono praticamente costretti a formulare una nuova teoria per tentare di risolvere il problema genetico di cavità estremamente complesse, sul tipo della Mt. Hamilton Lava Cave.

La loro teoria diede un notevole impulso agli studi in questo campo, ma questo nuovo lavoro, oggi, lascia praticamente inalterati i principi enunciati a suo tempo e io — per quanto mi riguarda — non posso condividere buona parte delle conclusioni cui Ollier e Brown sono giunti.

La mia prima obiezione riguardava la separazione della lava « liquida » da quella « solida », senza che vi fosse alcuna spiegazione sulla maniera in cui

questo fenomeno avveniva. Poi, riguardo la formazione della « layered lava », è fuor di dubbio che in buona parte delle grotte da me visitate, dove il rivestimento delle pareti è crollato, la lava si presenta in letti orizzontali, in giacitura discordante rispetto alle pareti stesse. Ollier e Brown supposero che la lava fluida avesse attraversato gli strati erodendo le strutture circostanti; ma la lava liquida, nel suo movimento attraverso la lava solida, dovrebbe aver perduto calore e quindi non avrebbe più alcuna capacità di erodere.

Inoltre ritengo che sulla formazione della « layered lava » si possano formulare due ipotesi alternative senza chiamare in causa il flusso laminare.

Ho già accennato ad una possibile alternativa nel mio lavoro sulla Raufarhólshellir — circa la possibilità che gli strati siano costituiti da unità di scorrimento sovrapposte, viste in sezione longitudinale.

L'altra possibilità alternativa è osservabile in tutti i canali aperti, dove le pareti sono franate. Le stratificazioni del tipo descritto da Ollier e Brown sembrano essersi formate per pulsazioni e traboccamimenti della lava all'esterno del canale formando strati spessi fino a 17 cm. Strutture di questo tipo sono visibili in zone di crollo, in grotta, e in molti canali dell'Etna.

Pertanto non posso accettare una teoria speleogenetica che attribuisce al flusso laminare la formazione della « layered lava »; sono però d'accordo con il Prof. Ollier quando egli afferma che rimane ancora molto da chiarire nel campo delle strutture laviche.

CUCUZZA-SILVESTRI

Ringraziamo il Dott. Wood che ha voluto meglio chiarire quanto ci aveva già comunicato ieri nella sua relazione.

Adesso ci sarebbe una comunicazione di Montoriol-Pous e De Mier su una particolare morfologia osservata dagli Autori, un caso di cattura; la comunicazione viene data per letta (vedi « Relazioni e Comunicazioni »).

Pregherei quindi il Dott. Pasquini di volersi accomodare al microfono per presentarci la sua comunicazione.

G. PASQUINI — Convergenze e diversità delle forme vulcaniche e di quelle carsiche.

CUCUZZA-SILVESTRI

Adesso prego la Prof.ssa Scarlata di volerci dare lettura della comunicazione del Dott. Greeley, riguardante alcune analogie tra morfologie vulcaniche e forme simili osservate su altri corpi celesti.

R. GREELEY — Lava tubes on other planets (comunicazione presentata dalla Prof.ssa Caterina SCARLATA del Gruppo Grotte Catania).



CUCUZZA-SILVESTRI

Ringraziamo la Prof.ssa Scarlata per averci cortesemente presentato la comunicazione del Dott. Greeley, e passiamo senz'altro al successivo lavoro, presentato del Dott. Lucrezi del Gruppo Speleologico Aquilano.

A. LUCREZI — Le prime esplorazioni di grotte laviche.**CUCUZZA-SILVESTRI**

Ringraziamo il Dott. Lucrezi per questa interessante comunicazione e se nessuno desidera intervenire sull'argomento passiamo rapidamente alla comunicazione degli amici Brunelli e Scammacca che ci intratterranno sulle grotte dell'Etna.

Prego il Dott. Brunelli di volersi accomodare al microfono.

F. BRUNELLI & B. SCAMMACCA — Le grotte dell'Etna: stato attuale delle conoscenze (comunicazione presentata dal Dott. Fabio BRUNELLI del Gruppo Grotte Catania).**CUCUZZA-SILVESTRI**

Ringrazio il Dott. Brunelli per le notizie che ci ha riferito sulle grotte etnee e poiché non ci sono interventi su questo argomento ringrazio tutti i relatori per i lavori presentati e tutti i presenti per la cortese attenzione e dichiaro chiusa questa seconda sessione scientifica del Seminario sulle Grotte Laviche.

QUARTA SEDUTA

Pomeriggio del 28 agosto 1975

LICITRA

Nel dare l'avvio alla seduta conclusiva del Seminario sulle Grotte Laviche prego il Prof. Carlo Finocchiaro di voler assumere la direzione dei lavori.

FINOCCHIARO

Vi ringrazio, e per non perdere tempo pregherei il Prof. Domenico Caruso di tenerci la sua relazione sulla problematica biologica delle cavità nelle lave.

D. CARUSO — La problematica biologica delle cavità nelle lave.

FINOCCHIARO

Ringraziamo il Prof. Caruso per questa sua introduzione alla biologia delle grotte laviche ed apriamo il dibattito su questo argomento; eventuali problemi generali, come già convenuto, saranno trattati nella discussione finale.

CIGNA

Dal momento che le grotte laviche rappresentano dei sistemi molto più isolati rispetto alle grotte carsiche, vorrei sapere se avete provato a fare delle determinazioni dei flussi d'energia dei vari livelli trofici

CARUSO

Come ho già detto nel corso della mia comunicazione, ci troviamo appena all'inizio delle ricerche, in questo campo della Biologia; per il momento stiamo campionando la fauna e studiando le varie catene alimentari e i rapporti che le varie specie contraggono tra loro. Lo studio dei flussi d'energia rientra nei nostri programmi a più lunga scadenza.

CAPPA

Dato che una grotta vulcanica appena formata è un ambiente essenzialmente sterile, vorrei sapere come avviene il popolamento biologico.

CARUSO

Anche questo è un problema che ci proponiamo di studiare; si tratterebbe di accettare quali sono le specie che per prime riescono a popolare queste grotte. Comunque non bisogna pensare che vi siano delle particolari specie animali «pioniere»: probabilmente l'arrivo della fauna all'interno della cavità è legato all'arrivo dell'alimento. È chiaro che la presenza di alimento — di qualunque natura esso sia — è indispensabile affinché gli animali possano sopravvivere.

Ovviamente questo problema rientra nel discorso che facevo pocanzi a proposito di evoluzione e popolamento, cioè si partirà dallo studio delle cavità più recenti e si procederà a ritroso fino allo studio di cavità molto antiche, per vedere come si è evoluta — attraverso fatti intermedi — la fauna delle cavità.

CAPPA

Vorrei fare una domanda di microbiologia. È noto che nelle grotte carsiche si trovano particolari colonie batteriche, per esempio associate al latte di monte, che provocano reazioni chimiche tendenti alla formazione di zolfo partendo dalle piriti; in particolare, poi, sono stati individuati degli interi micro-universi nelle gocce di condensazione. Vorrei dunque sapere se simili colonie batteriche sono state individuate anche nelle grotte laviche, e in quali ambienti, e se eventualmente sono stati studiati questi ambienti.

CARUSO

Non c'è dubbio che anche nelle grotte laviche esistano ambienti favorevoli alla formazione di colonie batteriche: alla Grotta Immacolatella abbiamo osservato sia una gran quantità di ife fungine sia delle colonie batteriche; avevamo anche pensato di fare dei prelevamenti per sottoporre il materiale all'attenzione di qualche specialista, ma al momento abbiamo soprasseduto perché non conosciamo nessuno specialista che si occupi di microbiologia dell'ambiente carvernico.

Comunque ribadisco che i funghi, i microorganismi, i batteri hanno la loro logica collocazione nell'ecosistema di una cavità vulcanica — come di qualunque tipo di cavità — purché siano rispettate quelle condizioni caratteristiche alle quali accennavo nel corso della relazione; mi spiace di non poter approfondire oltre l'argomento, malgrado il suo interesse, dato che esula un po' dal mio campo, che è la zoologia.

FELICI

Nella grotta dei Tre Livelli ho notato molte ossa e molti cadaveri di pipistrelli; si tratta forse di un cimitero, o si è verificato qualche fenomeno che ha causato una moria di questi animali?

CARUSO

Non mi risulta che i pipistrelli scelgano una particolare cavità per farne il loro cimitero; probabilmente si sarà trattato di un'epidemia.

FELICI

Nelle grotte calcaree ho notato spesso che i pipistrelli si fermano in gran numero nello stesso punto....

CARUSO

I pipistrelli si dividono in specie gregarie e specie solitarie; ovviamente le specie gregarie si ammassano in gran numero nello stesso punto, al contrario di quelle solitarie.

CAPPA

Non può verificarsi il caso che nelle grotte laviche i cadaveri dei pipistrelli si conservino meglio grazie a particolari differenze ambientali — per esempio climatiche?

CARUSO

Lo escludo: essi vengono attaccati immediatamente da batteri, da funghi, da coleotteri predatori... Rimangono soltanto le ossa!

FINOCCHIARO

Ringraziamo ancora il Prof. Caruso per i chiarimenti che ci ha fornito e lo preghiamo di trattenerci ancora con noi per il dibattito generale che seguirà. Cedo un attimo la parola all'amico Licitra che desidera fare una comunicazione.

Licitra partecipa ai presenti la nascita di Emanuele Scammacca, nuova recluta del Gruppo Grotte Catania, sulle orme del padre.

FINOCCHIARO

È la prima volta che durante un congresso — per quanto mi è dato ricordare — si verifica un così lieto evento: speriamo che sia di buon auspicio. Dato che si tratta di uno speleologo spero che possa produrre tanta attività quanta ne ha prodotta il padre — e chissà, forse anche di più! Comunque formulo i migliori auguri, a nome di tutti i presenti.

Ora pregherei il Sig. Picone di accomodarsi al microfono e presentarci la sua comunicazione sui ritrovamenti archeologici della zona etnea.

E.G. PICONE — Presenze umane di età preistorica nel territorio etneo.

FINOCCHIARO

Ringrazio il Sig. Picone per quanto ci ha fatto sapere e invito i presenti a fare le loro eventuali domande sull'argomento.

MANNINO

La mia non è una domanda, bensì una precisazione. Sono spiacente per il Relatore e per il mio amico La Rosa, che saranno costretti a rivedere le loro teorie, ma debbo far presente che il Paleolitico inferiore, in Sicilia, esiste da circa 15 anni: è stato rinvenuto a Termini Imerese e nell'agrigentino, e pubblicato su Rassegna Archeologica.

PICONE

La sua precisazione mi giunge quanto mai utile; tuttavia a noi non è ancora capitato di incontrare questa età.

FINOCCHIARO

In sintesi, l'intervento di Mannino tende a chiarire che in Sicilia non esiste soltanto il Paleolitico superiore, ma anche l'inferiore e il medio, comunque ben localizzati e di limitato affioramento.

PICONE

Alla precisazione dell'amico Mannino posso aggiungere una mia precisazione che forse servirà a chiarire il problema apparentemente controverso.

È risaputo che la ricerca archeologica in Italia si svolge in condizioni piuttosto precarie; in effetti, come dicevo nella relazione, sembra che un gruppo di dilettanti abbia rinvenuto il Paleolitico inferiore in una zona della provincia di Catania. Però — e qui penso che Mannino sia d'accordo con me — l'Archeologia non è un'attività per dilettanti: non è escluso che il Paleolitico inferiore esista veramente anche dalle nostre parti, ma in tutta coscienza non possiamo affermarne con certezza l'esistenza se prima il rinvenimento non è stato verificato e convalidato da uno specialista.

FINOCCHIARO

Di che tipo sono i depositi di riempimento nelle grotte laviche dove si sono rinvenuti dei reperti archeologici?

PICONE

Non ho mai scavato in queste grotte, quindi non sono in condizione di rispondere; posso dirle che i depositi di riempimento delle grotte del siracusano sono depositi alluvionali.

FINOCCHIARO

Riprenderemo l'argomento nella discussione generale. Per il momento le rinnovo i ringraziamenti e la prego di trattenerci con noi per partecipare al dibattito finale.

Adesso pregherei il Prof. Cucuzza-Silvestri di presentarci la sua relazione sullo studio delle grotte dell'Etna.

CUCUZZA-SILVESTRI

Prima di dare inizio al mio intervento desidero fare una piccola premessa, una precisazione, riguardante l'occasione offertami dagli amici del Gruppo Grotte Catania di parlare delle grotte dell'Etna e del loro studio.

Io non sono uno speleologo e non mi sono mai occupato di questi argomenti dal punto di vista speleologico; anche se in passato ho prodotto qualche piccolo contributo, l'argomento della Speleologia in ambienti vulcanici mi ha sempre interessato soltanto marginalmente. Il fatto è che nel nostro ambiente di specializzazione vi sono molti gravosi impegni, e il dedicarsi all'esplorazione di queste cavità, allo studio di queste morfologie sotterranee — diciamo addirittura di queste curiosità — è stato ritenuto «superfluo». Ed io che non sono tra i giovanissimi ho subito questo influsso emarginante.

Se debbo essere sincero, ne sono pentito: in questi due giorni di lavori è stato apertamente confermato e manifestatamente documentato che lo studio

delle grotte laviche è di estremo interesse scientifico, quindi sono veramente grato agli amici del Gruppo Grotte Catania che mi hanno dato l'occasione di partecipare al presente Seminario e di potere esporre qualche mia idea sull'importante argomento. Particolare gratitudine va anche a tutti i colleghi dell'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania, e specialmente alla dott. Maria Di Re, per l'aiuto e la collaborazione.

S. CUCUZZA-SILVESTRI — Le grotte vulcaniche dell'Etna e il loro studio.

FINOCCHIARO

Ritengo doveroso esprimere al Prof. Cucuzza i ringraziamenti più sentiti per questa sua relazione, con la quale ha tracciato il quadro storico-evolutivo degli studi sulle grotte dell'Etna, e ci ha presentato una proposta programmatica di studio a lunga scadenza che gli speleologi e gli studiosi — non soltanto siciliani — vorranno senza dubbio tener presente.

Personalmente vi invito a considerare con particolare attenzione la proposta riguardante la terminologia: purtroppo noi usiamo spesso termini presi in prestito da altri tipi di studio, dunque imprecisi, che applichiamo alla Speleologia in maniera del tutto personale.

Rinnovo ancora i ringraziamenti al Prof. Cucuzza e vi invito a procedere con il dibattito su questa relazione.

CIGNA

Piuttosto che chiedere dei chiarimenti, desidero esprimere al Prof. Cucuzza i miei ringraziamenti per un particolare motivo.

Premetto che sono perfettamente d'accordo con l'amico Finocchiaro per la validità del contributo dato al Seminario dalla relazione e dalle proposte in essa contenute, ma c'è qualcosa di più. C'è — ed è molto importante — la premessa alla relazione, l'annuncio dell'interesse destato nel Prof. Cucuzza dallo studio delle grotte laviche. Sono quindi veramente lieto di poterlo ringraziare per questo motivo.

Quando all'inizio si esaminava la possibilità di organizzare questo Seminario, da Licitra avevo appreso con una certa meraviglia che l'Istituto di Vulcanologia non si interessava alle grotte laviche. Capisco perfettamente che qualunque Istituto, per grande che sia e per quanti mezzi possa avere, deve operare delle scelte prioritarie e definire i limiti dei propri programmi di ricerca; ma naturalmente io consideravo la faccenda dal punto di vista degli speleologi e non potevo certo sentirmi incoraggiato da queste notizie.

La premessa che oggi il Prof. Cucuzza ha fatto alla sua relazione ha schiarito un po' l'orizzonte, e penso che gli speleologi interessati al problema potranno fare qualcosa di più in questo campo, potendo contare sulla guida e l'appoggio di un Istituto universitario.

Rinnovo quindi i più sentiti ringraziamenti al Prof. Cucuzza a nome di tutti gli speleologi Italiani.

GIARRUSSO

Penso che tra le proposte avanzate dal Prof. Cucuzza andrebbe incluso il problema riguardante la protezione delle grotte laviche. A Catania, circa dieci anni fa, una discarica pubblica ha interrato diverse grotte che si aprivano lungo il litorale. C'erano delle grotte molto belle che ora non esistono più...

CUCUZZA-SILVESTRI

Ho presente il caso, e in quell'occasione sono anche intervenuto ufficialmente sull'argomento. Le grotte laviche citate, le cosiddette Grotte di Ulisse, nel tratto di costa che va dal porto di Ognina fino alla stazione ferroviaria, sono cavità di estremo interesse scientifico in quanto la massa rocciosa che si immerge in mare ha subito un'erosione differenziale a causa della sua struttura; nel mio intervento presentai anche un'analisi particolareggiata delle varie forme che la pubblica discarica avrebbe compromesso irrimediabilmente. Purtroppo non venni ascoltato e quasi tutte queste grotte furono in breve tempo colmate dal materiale della discarica.

Tuttavia la natura si difende: oggi le mareggiate cominciano ad asportare il materiale scaricato dall'uomo e molte di queste cavità si stanno formando nuovamente.

BRUNELLI

Il problema della conservazione delle grotte non riguarda soltanto il litorale catanese, ma tutta l'Etna: di giorno in giorno aumentano le lottizzazioni, si aprono nuove strade, e le grotte vanno scomparendo!...

CUCUZZA-SILVESTRI

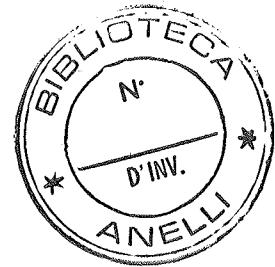
Il discorso rischia di diventare lungo. Non si tratta soltanto di difesa delle grotte, ma di difesa di tutto il territorio.

FINOCCHIARO

Vorrei far presente, per concludere, che il problema della protezione delle grotte non è un problema limitato all'Etna, ma riguarda tutta l'Italia — anzi tutto il mondo. Fanno eccezione soltanto alcuni paesi nei quali, semplicemente, non si va in grotta.

Ringrazio ancora il Prof. Cucuzza per la sua relazione e dichiaro conclusa questa seduta. Ci ritroveremo qui tra dieci minuti per il dibattito generale.

DIBATTITO GENERALE



LICITRA

Prego l'amico Finocchiaro di voler riprendere il suo posto al tavolo di presidenza e dirigere il dibattito conclusivo.

FINOCCHIARO

Ringrazio Licitra e il Gruppo Grotte Catania, che vogliono affidarmi l'inca-
rico di moderatore in un argomento che per me è praticamente nuovo. Forse
è per via del mio nome e della mia origine catanese... Comunque vorrete scusarmi
se qualche volta sarò costretto a interrompervi, per fissare la discussione entro
limiti che ci consentano di concludere in tempo per la cena, che è prevista per
le 20,30.

Prego Cappa di avvicinarsi al microfono ed aprire la serie degli interventi.

CAPPA

Questo mio intervento è di carattere generale, sconfina nella filosofia: mi
riferisco alle considerazioni sulla correlazione tra i fenomeni speleo-carsici e
quelli speleo-vulcanici. Pasquini ha già sottolineato la necessità di saper separare
fenomeni morfologicamente simili dipendenti da cause profondamente di-
verse, in modo da evitare confusioni di sorta. Tuttavia sono portato a ritenere
che una similitudine formale di morfologie originate da cause profondamente
diverse — come per esempio le stalattiti *normali* e quelle vulcaniche — in alcuni
casi potrebbe nascondere una causa comune tanto remota che finora è sfuggita
ad un'analisi forse non sufficientemente approfondita. Nella comunanza di certe
forme, dunque, potremmo persino trovare il sintomo che alcuni fenomeni sono
legati all'ambiente sotterraneo in senso più lato di quanto non si sia finora
ritenuto, piuttosto che al carsismo o al vulcanismo in senso stretto.

Cito due esempi banalissimi. Il primo riguarda la profonda rassomiglianza
di certe forme concrezionali: questa rassomiglianza potrebbe indurci a ricercare,
a studiare se alla base dei fenomeni concrezionali non esistano delle correlazioni
con le tensioni superficiali, che potrebbero avere un ruolo simile tanto nella
deposizione di un sale da parte di un'acqua satura quanto nella deposizione di
un *colaticcio* — detto alla toscana — da parte di un magma fuso.

Per il secondo esempio vorrei citare la formazione di colate argillose e sil-
tose in una grotta carsica della Lombardia, la Grotta Masera. Abbiamo una
galleria fortemente inclinata — circa 30° — con dei depositi sabbiosi; dopo le

piogge l'acqua cola dalle pareti su un deposito argilloso, e su di esso forma un grande deposito sabbioso in rilievo. L'acqua, che generalmente esercita una azione erosiva, in quel punto deposita, perché porta con sé una quantità enorme di sabbia e argilla. La forma e la sezione di questo deposito, sia pure con dimensioni che stanno in un rapporto di 1 a 10000, fanno pensare alle colate laviche.

Chiaramente siamo di fronte ad un fenomeno che, dimensionalmente e per la natura dei componenti, è completamente diverso; resta tuttavia in comune il fattore dell'alta viscosità, perché un'acqua estremamente carica di corpi solidi si comporta in maniera profondamente diversa da un'acqua pulita, e tende ad avere una viscosità molto più elevata.

Io dunque vi invito a fare confronti di questo genere e ad approfondirli; insomma, sto lanciando una pietra. Credo che tali confronti potrebbero aprirci un nuovo universo di conoscenze, molto al di là di quelle che abbiamo finora considerato.

FINOCCHIARO

Ringrazio Cappa per le sue osservazioni e prego qualche vulcanologo di intervenire; comunque a mio avviso la formazione di stalattiti e stalagmiti è essenzialmente un fenomeno chimico-fisico, forse analogo tanto per il carsismo quanto per il vulcanismo. E ciò anche se nel primo caso non ne conosciamo bene il meccanismo, e ancora meno bene si conosce il meccanismo nell'altro caso.

CUCUZZA-SILVESTRI

Per quanto riguarda la formazione delle concrezioni mi associo a quanto ha espresso Finocchiaro. Vorrei invece aggiungere qualche cosa sulle colate di argilla e quelle di fango.

Le colate di fango, denominate *lahars* o — in inglese — *mud flows*, sono un fenomeno regolarmente studiato in Vulcanologia. Noi distinguiamo due tipi di colate di fango: uno è molto simile all'esempio citato dall'Ing. Cappa, ed è il *lahar freddo*. Esso si ha quando masse argillose, tufi sciolti, sabbioni, ceneri e detriti di ogni genere vengono messi in movimento in seguito allo scioglimento della neve ad opera di una colata. Ne abbiamo visto un esempio durante l'eruzione del 1971, quando le colate di lava che ricoprivano il Piano del Lago scioglievano la neve, l'acqua di fusione si mescolava con la sabbia e i detriti del terreno e si formavano torrentelli di fango che precedevano il fronte lavico. Mi sembra che il fenomeno sia stato anche citato nella relazione che Rittmann, Romano e Sturiale hanno presentato all'Accademia Gioenia (2).

(2) Rittmann A., Romano R., Sturiale C., 1971: *L'eruzione etnea dell'aprile-giugno 1971*; Atti Acc. Gio. Sc. Nat. Catania, S. VII - Vol. III (n.d.r.).

Vi sono poi i *lahars caldi*, colate di fango bollente. Questi fenomeni si manifestano, per esempio, nei vulcani sottoglaciali, come quelli che si trovano in Islanda. Quando un vulcano entra in eruzione provoca la fusione del ghiaccio che lo ricopre, le acque si mescolano con i gas vulcanici, frantumano la roccia, e dalla base del ghiacciaio viene fuori questa massa d'acqua surriscaldata mescolata con sabbia e detriti, a temperatura e velocità elevatissime — e in questo caso si tratta di fenomeni che per la loro violenza possono avere conseguenze disastrose.

Io dunque riscontro una certa analogia tra i fenomeni osservati dall'amico Cappa in grotta carsica e quelli che io ho descritto; le colate di fango rientrano nella normale fenomenologia vulcanica.

CONDARELLI

Quando a Genova presentai il mio lavoro sulle grotte vulcaniche (3) — credo il primo del genere, almeno nell'ambito speleologico nazionale — mi venne chiesto ripetutamente se erano possibili parallelismi tra grotte vulcaniche e grotte carsiche. Fin da allora io ho sempre sostenuto l'impossibilità di questi parallelismi, sia per la netta distinzione geologica esistente tra il campo vulcanico e quello sedimentario, sia perché i meccanismi speleogenetici sono fondamentalmente diversi sebbene si tratti sempre di meccanismi chimico-fisici.

A mio avviso, se qualche similitudine è possibile essa si limita al campo puramente formale.

WOOD

Desidero precisare che negli Stati Uniti le grotte laviche sono definite anche « pseudo-carsiche ».

Inoltre esistono grotte nei tufi e nelle brecce vulcaniche, generate per erosione in seguito a processi di dissoluzione. Esse si trovano in molte parti del mondo, specialmente in Ungheria e nel Caucaso, anche se la maggiore di queste cavità, per quanto mi risulta, non oltrepassa i 200 metri.

Ma in particolare tra grotte carsiche e grotte laviche vi è un'impressionante analogia di forme: anche nelle lave possiamo trovare caverne, meandri, ponti naturali, doline di crollo, addirittura depressioni generate da processi di dissoluzione... Ecco perché le grotte vulcaniche sono anche definite « pseudo-carsiche ».

FINOCCHIARO

Ringrazio Wood per il suo intervento; in effetti anche noi definiamo « pseudo-carsiche » le grotte vulcaniche.

(3) Condarelli D., 1974: *Grotte vulcaniche, loro genesi e morfologia*; Atti XI Congr. Naz. Spel., R.S.I., Mem. XI, tomo II (n.d.r.).

SALVATORI

Premetto che le mie osservazioni si limitano a quello che ho potuto vedere nella grotta visitata lunedì scorso, quindi si tratta di osservazioni sommarie. Sono rimasto molto colpito dalla morfologia complessiva ancor più che da forme particolari. Essa rispecchia molto da vicino la morfologia di certi tubi freatici che ho percorso nelle nostre grotte, a parte il fatto che è molto più ben definita.

Il fatto che tanto i tubi freatici quanto le grotte laviche siano tubi percorsi da fluidi in movimento, mi fa riportare la morfologia a dei parametri appunto collegabili con il moto di questi fluidi all'interno di una massa rocciosa. È chiaro che certi parametri sono sicuramente dissimili, ma — potrei anche sbagliare — esiste questo fondamentale fattore comune: un fluido, che per le grotte laviche si muove all'interno di una massa in via di solidificazione, ed ancora un fluido — l'acqua, nelle grotte calcaree — che si muove all'interno di una massa rocciosa.

Un altro aspetto che mi ha colpito è quello riguardante il moto laminare: i fluidi lavici si muovono con moto laminare. Nei tubi calcarei freatici, dove il moto dell'acqua è laminare l'analogia di forme con i tubi lavici è molto più marcata, mentre dove si suppone che vi sia stata della turbolenza — come per esempio nella formazione degli *scallops* — la morfologia carsica si discosta da quella vulcanica. Quanto più ci avviciniamo allo scorrimento laminare nelle grotte carsiche, tanto più la morfologia di queste si accosta a quella delle grotte vulcaniche, dove appunto lo scorrimento della lava avviene con moto prevalentemente — se non esclusivamente — laminare.

CAPPA

Ho visto in diapositiva dei bellissimi depositi di ghiaccio in cui si alternavano una serie di strati chiari e scuri, e vorrei fare una segnalazione.

In grotte carsiche della Grigna abbiamo trovato dei depositi glaciali e, dietro suggerimento di Cigna, abbiamo fatto alcuni calcoli. Da essi è emerso che il fattore determinante per la fusione dei depositi glaciali in grotta è la circolazione dell'aria: infatti nei periodi in cui la grotta non è sepolta sotto la neve si ha una circolazione di milioni e milioni di metri cubi d'aria che portano, dentro un'enorme quantità di calore e quindi viene fuso molto ghiaccio. L'acqua invece riesce a fondere una quantità di ghiaccio che rappresenta soltanto il 10-20% di quello che viene fuso dall'aria; di gran lunga inferiore, poi, dovrebbe essere l'effetto esercitato sul ghiaccio dalle radiazioni solari e dal flusso di calore proveniente dall'interno della Terra.

Estrapolando le quantità di neve penetrate nella grotta e trasformate in ghiaccio e le quantità di ghiaccio fuse dall'aria, dall'acqua e da altri fattori, siamo arrivati alla conclusione che la formazione di uno strato di ghiaccio — chiamiamolo *varva* per analogia con i depositi lacustri — di 3-6 mm. di spessore si forma in un periodo di circa 11 anni, legato probabilmente ai cicli solari. Adesso ci proponiamo di fare, su campioni di ghiaccio prelevati in grotte d'alta quota, una datazione con gli isotopi dell'Ossigeno e — se i nostri calcoli non sono errati — in base alla potenza dei depositi di ghiaccio campionati, pensiamo di poter giungere a strati di ghiaccio che vanno indietro fino al periodo Wurmiano.

Anche se l'argomento non ha nulla a che vedere con le grotte laviche, dal momento che anche voi avete grotte con depositi glaciali varvati, vi suggerisco di fare simili esperimenti che potrebbero condurre a qualcosa di molto interessante.

FINOCCHIARO

Sull'Etna è stato fatto qualche passo in questo senso?

CUCUZZA-SILVESTRI

L'appunto di Cappa sulla stratificazione dei ghiacci è molto interessante, ma da noi non è stato fatto nessuno studio del genere. Tuttavia debbo dire che finora sull'Etna si conosce una sola grotta che contiene ghiaccio permanente; è sita intorno a 2000 m. di quota e la sua formazione risale al 1614. Non si conoscono altre cavità con ghiaccio a quota superiore.

CONDARELLI

L'Etna è estremamente povera di acque superficiali e la Grotta del Gelo è usata da sempre dai pastori della zona come deposito d'acqua; quindi escludo che vi possano essere altre grotte con depositi glaciali perché i pastori le conoscerrebbero.

CAPPA

Desidero fare ancora una segnalazione, che comunque ho già fatto a Condarelli al Congresso di Genova. All'Isola di S. Pietro — che è interamente vulcanica, sebbene si tratti in prevalenza di tufi del terziario e solo in piccola parte di rocce laviche — lungo la costa si affacciano una sessantina di cavità praticamente tutte di origine tettonica, tranne una che presenta una bella sezione circolare costante per circa 50-60 m. verso l'interno della montagna partendo dal mare. La sua formazione non sembra di origine tettonica ed è un po' difficile attribuirne la genesi all'erosione marina.

Vi suggerirei dunque, se ne avete la possibilità, di fare una ricognizione in quest'isola. Infatti, pur essendo le sue lave profondamente diverse da quelle dell'Etna, se questa o più cavità sono state generate da fenomeni di scorrimento avreste la possibilità di stabilire delle interessanti correlazioni tra i fenomeni riscontrabili sull'Etna e fenomeni analoghi estremamente più antichi. Mi sembra di aver capito che qui le colate più antiche tendono a sparire, prima o poi, sotto quelle più recenti — e con esse le relative grotte — e in ogni caso si tratta sempre di fenomeni del Quaternario, quindi finisce per mancare, sul posto, qualsiasi termine di paragone.

A questo proposito poi mi preme una domanda. Riagganciandomi a una delle ultime relazioni, in cui si accennava al problema della datazione delle grotte laviche o delle lave, non si trovano tra le lave di una colata degli inclusi carboniosi, residui della vegetazione, che permettano datazioni col C¹⁴?

CARUSO

La datazione col C¹⁴, per quanto ne so io, è una datazione abbastanza imprecisa: per quanto riguarda le datazioni molto vecchie oggi si usano sistemi basati sull'Ossigeno, che sono molto più precisi e che consentono datazioni migliori di quelle fatte col Carbonio.

CAPPA

Sono perfettamente d'accordo, ma mi riferisco a grotte laviche relativamente recenti per cui non credo che occorra una grande precisione; semmai bisognerà distinguere se si tratta di una colata vecchia o di una più giovane che possono confondersi...

CARUSO

Da un punto di vista biologico può interessare conoscere con una certa precisione l'età di una grotta, anche se paragonando tra loro le grotte più antiche forse mille anni non hanno nessun significato. Però se si devono raffrontare grotte piuttosto recenti, a questo punto mille anni diventano importanti.

CUCUZZA-SILVESTRI

A quello che mi è dato sapere, con il materiale trovato in grotte laviche non è mai stata fatta alcuna determinazione con il metodo del C¹⁴. Abbiamo delle datazioni fatte da alcuni francesi su alcuni resti carboniosi trovati nei tufi attribuiti alle manifestazioni esplosive del Trifoglietto, cioè di quel complesso di vulcani impiantati dove ora è la Valle del Bove, e sono state rilevate età di circa 5000 anni.

Penso che questi dati non siano molto attendibili perché probabilmente il materiale è rimaneggiato, comunque sono gli unici dati che abbiamo su questo tipo di indagine.

CIGNA

A proposito di queste datazioni il problema della precisione è effettivamente aperto: in realtà la precisione della datazione dipende in gran parte dall'intervallo di età che si intende misurare.

Se prendiamo delle età come quelle citate dal Prof. Cucuzza, dell'ordine di 5000 anni, l'errore associato a misurazioni basate sul C¹⁴ oscilla intorno ad un centinaio di anni, quindi 5000 più o meno 100 può essere anche un dato accettabile, ma se oltrepassiamo questa soglia il margine di errore diventa troppo grande. Per età superiori ai 10000 anni il C¹⁴ non consente più misurazioni attendibili e bisogna passare ad altri metodi di datazione.

CAPPA

Desidererei qualche precisazione. Qual'è l'origine delle nettissime fratture che abbiamo visto sulle pareti della grotta dei Tre Livelli e nelle varie diapositive. E queste fratture hanno influenza sulla percolazione e sulla circolazione dell'aria?

CUCUZZA-SILVESTRI

In massima parte si tratta di fratture dovute alla contrazione della lava durante il raffreddamento; però in certi casi le fratture potrebbero essere dovute a fenomeni post-eruttivi, per esempio fenomeni sismici locali, oppure piccoli assestamenti specialmente se la colata si è insediata su materiale frammentario e quindi in via di assestamento esso stesso sotto il peso della massa che lo ricopre; oppure fenomeni di altra natura, non so, apertura di fratture eruttive nelle vicinanze o altre cose di questo genere.

Senza dubbio queste fessurazioni hanno la loro influenza sulla circolazione di acque esterne che possono affluire dentro le fratture, naturalmente, in proporzione alle dimensioni e alle caratteristiche delle fratture stesse.

In alcune delle diapositive che abbiamo visto questa mattina si vedevano delle macchie chiare che ci facevano pensare ad un arrivo di acque ricche di calcio, di carbonati, di qualche soluzione salina proveniente dalle zone più superficiali.

CAPPA

Nella grotta dei Tre Livelli ho notato una fortissima circolazione d'aria a tubo di vento. Vorrei sapere se il fenomeno è comune in queste grotte, e poi come si spiega il fenomeno di una circolazione a tubo di vento in una grotta come questa, che presenta un solo ingresso transitabile, dato che la lava dovrebbe essere abbastanza impermeabile alla circolazione dell'aria. Cioè il fondo della grotta è ostruito, ma c'è una grande ricchezza di fratture attraverso cui può passare l'aria; avete cercato di chiarire come mai in cavità così pellicolari, così vicine alle superficie e collegate con essa da una fitta rete di fessurazioni, l'aria preferisce passare attraverso queste fratture impraticabili, percorrere come un treno tutta la grotta e venir fuori dall'unica apertura, anziché fare delle circolazioni locali?

BRUNELLI

Rispondo alla prima parte della domanda: abbiamo notato spesso questo fenomeno in grotte che avessero un minimo di lunghezza; è un fenomeno abbastanza frequente.

CONDARELLI

Alla Tre Livelli c'è anche un crollo, quindi può esserci afflusso d'aria attraverso questa via; inoltre non mi sembra che le lave siano impermeabili all'aria... Le lave sono molto permeabili all'acqua, quindi lo sono anche per l'aria. Probabilmente, con tutte le fessurazioni che hanno, è possibile una grande circolazione d'aria, oltre che d'acqua.

DI PAOLA

Vorrei fare una piccola osservazione sull'argomento, riferita in particolare alla grotta di Serracozzo, quella che abbiamo riprodotto nel manifesto del Seminario. Stavamo eseguendo il rilevamento topografico della grotta, e questo ci ha trattenuti al suo interno per circa due ore e mezzo, mi sembra: ricordo che in questo intervallo di tempo la direzione del vento nelle strettoie terminali è cambiata più volte, anche se non so dire se all'esterno il vento abbia cambiato direzione. Però in altre grotte dove siamo entrati sia di mattina che di pomeriggio nella stessa giornata, abbiamo visto che non solo si inverte la circolazione dell'aria, ma anche che c'è un'ora, come per le grotte carsiche vere e proprie, in cui essa è stagnante — in conseguenza di un certo equilibrio fra l'interno e l'esterno — prima che avvenga il cambiamento di direzione.

CAPPA

Questo fa pensare che queste grotte si comportino come cavità barometriche mentre invece quella dei Tre Livelli aveva la classica circolazione d'aria fredda a tubo di vento.

DI PAOLA

In quel caso quel tipo di circolazione potrebbe essere dovuto alle fessurazioni della roccia, fessurazioni tanto ampie e frequenti da consentire la circolazione d'aria a tubo di vento...

FINOCCHIARO

Per concludere la discussione vorrei dire che uno studio completo delle condizioni metereologiche di queste grotte sarebbe più che opportuno.

DI PAOLA

Stavo appunto concludendo che uno studio del genere, condotto in maniera sistematica, rientra nei nostri futuri programmi di lavoro.

CAPPA

Si è parlato di concrezioni, di patine lucide, di incrostazioni parietali. Anch'io mi domando, come gli altri, se effettivamente non intervengano fenomeni di ossidazione finale. È abbastanza intuitivo che quando cessa l'eruzione, quando la lava si raffredda, a un certo punto la massa gassosa presente, ricca di CO_2 o comunque di gas che da soli non possono bruciare — per esempio il metano — viene contaminata da aria ricca di Ossigeno; magari avviene un innalzamento della temperatura ambiente e quindi un principio di fusione pellicolare.

Io ho notato una cosa: in una relazione è stato detto che questo fenomeno si verifica frequentemente in prossimità di certe aperture. D'accordo, però io l'ho notato in un altro punto, cioè dopo la strettoia, dove improvvisamente la volta si innalza. E questo è un punto molto singolare, ai fini della circolazione dell'aria — o del primo afflusso d'aria dopo l'eruzione. In questo punto c'è proprio una particolare ricchezza di concrezionamento e di patine lucide.

Segnalo il fatto nel caso che qualcuno sia interessato a questo tipo di ricerche, così come vi invito ad osservare se esistono zone particolarmente concrezionate in corrispondenza di anomalie nella sezione, perché eventualmente se ne potrebbero trarre interessanti suggerimenti.

CONDARELLI

Nelle lave ancora fresche, quando l'eruzione è terminata da poco, possiamo trovare dei depositi fumarolici, ma non credo che questi depositi possano durare a lungo nel tempo perché sono soggetti ad una rapida alterazione.

CAPPA

Mi riferivo a quel deposito lucido...

CONDARELLI

Quello non credo sia dovuto a un deposito fumarolico, ma a un vero e proprio concrezionamento successivo: le lave sono molto permeabili e le infiltrazioni d'acqua non mancano; esse possono portare in soluzione sali provenienti dall'alterazione superficiale delle lave. Nelle lave c'è Calcio, Ferro, ci sono tanti elementi.... Tra l'altro in una grotta citata nel mio lavoro è stata trovata una polvere biancastra composta da un insieme di cationi e anioni; c'erano

insieme Magnesio, Calcio, Ferro... Si tratta di un deposito salino frequente in molte grotte, che ancora non è stato studiato a fondo; insomma una concrezione vera e propria.

CAPPA

Alla grotta dei Tre Livelli ho notato che la parete è lucida, come smaltata; poi a tratti questa parete si rompe, ci sono come delle pustole più ruvide che vengono fuori. In corrispondenza delle parti lucide c'è una notevole ricchezza di stalattiti di tipo *lavico*, prive di tubicino interno. E questo fenomeno, che ho sentito citato come particolarmente frequente in corrispondenza di finestre lungo i tubi di scorrimento lavico, non si vede per esempio alla Tre Livelli in corrispondenza di una brusca variazione di sezione, senza nessuna finestra.

CONDARELLI

In questo caso si tratta — è riscontrabile anche in altre grotte — di una superficie vetrosa dovuta a fenomeni di rifusione. Infatti spesso le stalattiti sono ricoperte da questa crosta nera lucida.

LICITRA

Parlando delle stalattiti di lava che si trovano all'interno delle gallerie di scorrimento, secondo me bisogna distinguerne due tipi: quelle dalla superficie completamente liscia, allungate, ricoperte da una pellicola vetrosa, che sembrano delle dita smaltate, e quelle dalla superficie piuttosto ruvida, scabrosa, tozze, seghettate e appuntite, che noi chiamiamo «denti di cane» o «denti di pescecani».

A mio avviso per questi due tipi di stalattiti ci sono due meccanismi di formazione ben distinti. Quelle rivestite da uno smalto liscio sarebbero originate senza dubbio da fenomeni di rifusione, e la controprova si ha osservando le pareti della cavità, perché dove la volta è rivestita da una pellicola di smalto e presenta stalattiti di questo tipo, ad un certo livello della parete sottostante si osserva che il suo rivestimento cambia bruscamente d'aspetto, lungo una linea abbastanza netta e continua. Questo significa che la lava almeno per un certo tempo — che dev'essere stato comunque abbastanza lungo — fluiva all'interno di questa cavità senza riempirla completamente, e in seno al cuscino di gas che si trovava tra la superficie del flusso lavico e la volta del tubo sono avvenuti fenomeni di combustione che hanno innalzato la temperatura ambiente e hanno provocato la rifusione della superficie della volta e il lento scolamento della patina viscosa che la rivestiva.

I «denti di pescecani» invece dovrebbero essere i residui del fluido che riempiva completamente il tubo; quando questo si è svuotato in maniera improvvisa, repentina, forse in seguito all'apertura o alla disostruzione di un largo

passaggio più a valle, i residui di lava rimasti aderenti alla volta, ancora plasticci, sono venuti giù dando origine appunto ai «denti di pescecani». Oppure, ancora, questi potrebbero essere brandelli di lava proiettati sulla volta da piccole esplosioni di bolle di gas verificatesi alla superficie del flusso lavico sottostante, che poi sono venuti giù per gravità.

In ogni caso, mentre le dita smaltate sarebbero dovute ad un lento scolamento in seguito a fenomeni di rifusione, questa è esclusa nella formazione dei denti di pescecani, che sembrerebbero invece generati da meccanismi piuttosto bruschi, di durata limitata nel tempo.

CAPPA

È stato detto che le rocce vulcaniche sono — nell'Etna in particolare — molto permeabili all'acqua: infatti si vedono poche tracce di percolazione e di ruscellamento superficiale delle acque meteoriche.

Vorrei sapere che cosa si conosce circa il regime della percolazione sotterranea, sia nella fascia non saturata, sia nella fascia saturata che evidentemente esisterà all'interno della montagna; soprattutto in quest'ultima, e se sono note e quali caratteristiche hanno le eventuali risorgive di questo sistema di drenaggio sotterraneo delle acque.

FINOCCHIARO

È un problema che avrei voluto sollevare io e che mi pare interessi anche Cachia, che chiede di intervenire, perché nella relazione del Prof. Cucuzza si parlava di falde freatiche e di circolazione idrica nelle lave; ma io non ho ben afferrato se il Prof. Cucuzza ha parlato di circolazione idrica **nelle** lave oppure di circolazione freatica **delle** lave.

CACHIA

Le mie domande sono due: anzitutto desidero dal Prof. Cucuzza maggiori chiarimenti circa il termine *freatico* da lui usato riferendosi a quelle fumate che abbiamo visto durante il film.

Poi vorrei appunto sapere con quali parametri e limiti si può parlare di falde freatiche o di circolazione idrica nelle lave; ciò anche in funzione dei complessi fenomeni di fratturazione della roccia, che penso possano influire in maniera determinante sulla distribuzione del drenaggio.

FINOCCHIARO

Quindi la seconda parte della domanda si riallaccia a quella di Cappa, mentre vorremmo dal Prof. Cucuzza maggiori chiarimenti sull'uso della parola *freatico* riferita a una lava.

CUCUZZA-SILVESTRI

Questo è proprio uno di quei casi in cui riesce difficile comprendersi l'un l'altro per quell'inconveniente già prima accennato: l'improprietà di linguaggio.

Noi che ci occupiamo di Vulcanologia usiamo il termine *freatico* forse un po' abusando; ora si rendono necessari dei chiarimenti che spero di poter dare.

L'Etna è un vulcano-strato, cioè schematicamente è composto da tutta una successione di rocce laviche e di piroclastiti — materiale frammentario prodotto dalle esplosioni — disposti a strati alterni, l'uno sull'altro.

Ebbene, noi sappiamo che una buona parte delle acque meteoriche che interessano il vulcano sotto forma di precipitazioni nevose vengono eliminate per evaporazione; nel periodo di Ponte sono state fatte anche delle esperienze con soluzioni colorate al Piano del Lago, che hanno confermato questo fatto. Tuttavia una parte delle precipitazioni viene rapidamente assorbita dal terreno sia attraverso la roccia lavica — che è permeabile «in grande» grazie alla sua intensa fratturazione — sia attraverso i tufi che sono permeabili per porosità; e questo spiega la presenza del tutto trascurabile dei fenomeni di ruscellamento superficiale. Queste acque che si infiltrano nel terreno e circolano poco al di sotto della superficie, in una fascia di circa 10 m. di profondità, costituiscono appunto la circolazione freatica.

Quando queste acque incontrano uno strato di tufo, di piroclastiti, reso impermeabile in seguito ad alterazione — tutti i prodotti vulcanici, i tufi, il materiale frammentario, tendono ad argillificare con una certa rapidità per alterazione dei silicati, in particolare dei feldspati — allora si ha la formazione della falda freatica. Per esempio i tufi del Trifoglietto, l'antico complesso vulcanico che sorgeva dove oggi si trova la Valle del Bove, tutti profondamente alterati e impermeabilizzati per argillificazione, sostengono delle falde freatiche abbastanza ricche: in Valle del Bove ci sono diverse sorgenti ben note ai pastori, come Rocca della Valle, Canalone dell'Acqua, Val di Calanna, ecc. Alcuni paesi dell'Etna sfruttano queste acque per l'alimentazione idrica mediante gallerie scavate nei tufi, che emungono le falde freatiche.

Quando invece l'acqua non incontra sotto la superficie questi strati resi impermeabili dall'alterazione, allora continua a scendere fino a raggiungere il basamento del vulcano che è costituito prevalentemente da argille. In questo caso si ha l'accumulo delle falde profonde, che vengono raggiunte dalle trivellazioni oppure vengono a giorno alla periferia del vulcano, là dove finisce il manto delle vulcaniti; ricordo per esempio la zona delle sorgenti di Paternò, di Fiumefreddo, ecc., e questo spiega la grande fertilità della zona pedemontana dell'Etna, questa grande spugna che porta l'acqua sul basamento argilloso.

Questi dunque sono i tipi di circolazione idrica che abbiamo sull'Etna. Debbo dire tuttavia che — almeno dal punto di vista speleologico — non è stato fatto ancora nulla per lo studio di queste acque: mi sembra di averlo già accennato nel corso della mia relazione.

Quando invece ho parlato di fenomeni freatici riferendomi a quella bellissima serie di esplosioni che abbiamo visto nel film del Dott. Romano e nelle diapositive, ho usato appunto il termine *freatico* in senso vulcanologico, quindi con quell'improprietà di linguaggio di cui dicevo. Ecco cosa è avvenuto.

In un punto della montagna, collegato in qualche modo con la frattura eruttiva del 1971, deve essere avvenuto un collasso; in seguito a questo movimento interno, attraverso questa nuova via di comunicazione, i gas magmatici caldi hanno potuto raggiungere delle masse di ghiaccio sepolte sotto strati di ceneri e di sabbie provocandone l'evaporazione più o meno tumultuosa. Lo scioglimento di queste masse di ghiaccio e le imponenti colonne di vapore sono appunto i fenomeni freatici ai quali mi riferivo, perché *freatico* non è un fenomeno vulcanico, magmatico, ma è un fenomeno superficiale, epidermico; cioè un fenomeno dato dall'evaporazione di masse d'acqua, o di neve, o di ghiaccio provocata da fenomeni vulcanici veri e propri. Alla stessa maniera sono fenomeni freatici quei lahars di cui parlavo prima; tante volte anch'essi si manifestano in forma esplosiva, prima di scorrere lungo i fianchi di un vulcano.

Dunque le condizioni perché si verifichino questi fenomeni freatici sono due: che ci sia un notevole afflusso di gas caldi, e quindi di origine vulcanica, e che ci sia dell'acqua o del ghiaccio, naturalmente coperto, protetto. E di questi nevai coperti sull'Etna ne esistono molti, sepolti sotto potenti coltri di sabbie e ceneri vulcaniche proiettate dai crateri. Questo, fino a non molti anni fa, lo sapevano bene gli abitanti dei paesi etnei, che coltivavano le cosiddette *neviere* — cioè crateri o anche buche artificiali in cui facevano accumulare la neve e che poi ricoprivano con uno strato di *tefra*, che sarebbero i tufi sciolti. La neve così immagazzinata si conservava intatta per tutta l'estate, perché le pareti della fossa e lo strato di copertura sono estremamente coibenti, e nella stagione calda i paesani andavano a rompere a blocchi questa neve e la trasportavano in paese a dorso di mulo o con i carri. Negli ultimi tempi l'introduzione del frigorifero ha finito per fare morire quest'attività artigianale molto caratteristica e una volta diffusissima sul nostro vulcano.

FINOCCHIARO

Ringrazio il Prof. Cucuzza per questa sua esauriente spiegazione; tuttavia prego coloro che intendono fare ulteriori interventi di essere più concisi, perché il tempo a nostra disposizione comincia a ridursi.

CIGNA

Tutto quello che abbiamo sentito in questi due giorni mi ha fatto venire alcune idee. Una di queste riguarda la convenienza di sperimentare alcune cose in laboratorio, e la sperimentazione si potrebbe magari dividere in due filoni: quello dei modelli, che è quasi intuitivo — ne accennavamo ieri, quando chiedevo della possibilità di fare esperimenti con altri fluidi che non siano le lave, per poter lavorare con qualcosa di più comodo, paraffina, cera, pece, ecc., che presentasse dei valori di viscosità riconducibili, in scala, a quelli della lava: secondo me sarebbe abbastanza interessante poter fare qualche esperimento con cose di questo genere. L'altro filone di sperimentazione, poi, potrebbe essere realizzato fondendo in un fornetto proprio della lava; oltretutto si tratta di temperature tra i 1000 e i 1200°C, raggiungibili abbastanza facilmente, e questo potrebbe ser-

In particolare segnalo che nel campo tecnico sono stati messi a punto dei programmi di calcolo estremamente complessi, che cercano di calcolare tutto il flusso di questo materiale in funzione delle variazioni di temperatura e di viscosità, dei salti di pressione; con canali a sezione costante o con brusche variazioni nella sezione; con canali a sezione conica, ecc., Eventualmente in questi programmi si potrebbe trovare qualcosa da utilizzare.

CUCUZZA-SILVESTRI

La mia è una battuta di spirito: ringrazio l'amico Cappa che ha voluto tirare in ballo la gomma e mi riallaccio a quello che ha detto Licitra. Mi auguro che lui riesca a realizzare quanto è stato chiesto dal Prof. Cigna con la massima esattezza e chiarezza, perché ho avuto l'impressione che la gomma, in queste teorie, c'entri molto.

CONDARELLI

Io temo che quella che si richiede da Licitra sarà un'impresa molto ardua, perché nel lavoro che io ho presentato a Genova avevo già fatto una classificazione molto generale, parlando di come sull'Etna si formano le grotte di scolamento lavico. Ma da quello che ho visto e sentito durante i lavori del Seminario, dal lavoro di Wood, da quello presentato dal Dott. Villari, e da altri lavori che ho letto — come per esempio quello del Prof. Cucuzza sulla grotta del 1819⁽⁴⁾ — io credo che in fatto di genesi ci sia un caso per ogni grotta.

FORTI

Un'osservazione molto breve. Sia nelle diapositive che nell'unica gita che ho fatto ho visto che ci sono alcune interessanti mineralizzazioni e rifusioni. Di conseguenza mi ha meravigliato che in nessuna delle relazioni che ho ascoltato si sia fatto un accenno, con dati sperimentali di analisi, a questi fatti.

Io ritengo che più che sperimentare su modelli, o fare altre cose del genere, potrebbe essere utile eseguire delle analisi chimiche — forse è una mia deformazione professionale — di questi materiali, perché probabilmente servirebbe molto meglio di altri tipi di ricerca a confermare una o un'altra teoria. Lo studio delle mineralizzazioni primarie o secondarie all'interno delle grotte carsiche è utilissimo sia per stabilirne la genesi che per stabilirne lo sviluppo temporale. Quindi io ritengo che oltre che fotografare queste belle mineralizzazioni — infatti abbiamo visto delle bellissime diapositive — sarebbe utile prenderne qualche

⁽⁴⁾ Cucuzza-Silvestri S., 1957: *L'apparato eruttivo laterale del 1819 in Valle del Bove (Etna)*; Boll. Acc. Gioe. Sc. Nat., Catania, IV, 3 (2) (n.d.r.).

vire a capire, a cercare di vedere come avviene la formazione di quelle pellicole lisce e di certi tipi di concrezioni, per esempio.

Un'altra osservazione che vorrei fare è questa: alcuni dei lavori presentati tra ieri e oggi riguardavano delle teorie genetiche di queste cavità. L'impressione che ho avuto, da profano che non conosce da vicino i problemi delle grotte laviche, è che riesce piuttosto difficile afferrare bene le differenze tra queste teorie. Evidentemente le differenze ci sono; quando le teorie vengono esposte si riesce ad afferrarne abbastanza bene i principi, ma si fa una certa fatica a vedere le differenze che le distinguono. Non è certo il momento di mettersi a fare una discussione su questo tema, perché altrimenti penso che proseguiremmo all'infinito; però io vorrei pregare qualcuno, in sede di redazione degli Atti, di inserire da qualche parte un pezzo dove fossero riassunte le varie teorie speleogenetiche delle cavità nelle lave, illustrando le differenze, mettendole bene in evidenza. In questo modo anche chi non ha molta familiarità con queste questioni riuscirà ad afferrare meglio i concetti, senza contare che questi Atti sarebbero utilissimi a tanta gente per poter approfondire, per poter capire meglio questi problemi: non per nulla è probabilmente la prima volta che si parla così a lungo di grotte laviche!

LICITRA

Rispondo all'amico Cigna che, se l'Assemblea me lo consente, potrei allegare agli Atti del Seminario quel lavoro che non mi è stato possibile presentare in questa sede per via degli impegni organizzativi della manifestazione.

FINOCCHIARO

L'Assemblea prende atto dell'impegno.

CAPPA

Visto che io lavoro nell'industria della gomma, a proposito della sperimentazione su modelli segnalo un fatto: la gomma non vulcanizzata, cioè ancora priva degli ingredienti vulcanizzanti, ha un comportamento molto simile a quello delle lave, a parte il fatto che le sue temperature si aggirano tra i 100 e i 150°C anziché intorno ai 1000°C; tra l'altro, per esempio, ha anche la caratteristica di comportarsi elasticamente di fronte a sollecitazioni rapide e plasticamente, invece, di fronte a sollecitazioni lente.

Quindi in effetti, usando magari delle gomme sintetiche, dei polimeri a peso molecolare inferiore rispetto a quelli che si usano per impieghi tecnici, io sono convinto che si potrebbero realizzare dei modelli abbastanza attendibili. Non posso scendere in particolari perché entrerei nel campo del segreto industriale; però lo studio dello stampaggio di oggetti in gomma — tutta la parte reologica della gomma, quindi, prima che si passi alla vulcanizzazione — porta a dei discorsi molto simili a quelli che ho sentito in questi giorni.

campione e farne le analisi, che a certi livelli sono semplicissime. Probabilmente per le lave rifuse i problemi sono più complessi, però io credo che le analisi contribuirebbero a chiarire alcuni di quei fenomeni di cui si è parlato; verrebbero spiegati, credo, senza bisogno di invocare delle teorie, ci sarebbero delle cose pratiche su cui basarsi. Questa è la mia idea.

FINOCCHIARO

Si, io credo che il suggerimento sia valido, a meno che non ci sia qualcuno che ha già fatto questi studi e che potrebbe dirci qualcosa di più. Ma vedo che il Prof. Cucuzza scuote la testa e dice « sarebbe ora di farli! ».

RAGONESE

La grotta dei Tre Livelli porta anche il nome di Grotta dei Pipistrelli, sebbene nella mia visita di alcuni giorni orsono non ho notato masse di guano che giustifichino il secondo nome. Di conseguenza vorrei sapere se effettivamente la grotta — almeno in certi periodi dell'anno — è abitata da colonie di pipistrelli; in caso affermativo vorrei sapere in quali periodi dell'anno, in quale parte della grotta — e più in particolare se prima o dopo la strettoia, se si tratta di colonie polispecifiche e di quali specie, se sono presenti i due sessi di ogni specie e se sono stati ricatturati esemplari inanellati.

Inoltre, parlando di Biologia più in generale, desidero sapere se sono stati studiati il ruolo e gli effetti del substrato — chiaramente diverso nelle grotte laviche rispetto alle grotte carsiche — sul popolamento faunistico.

FINOCCHIARO

Qui ci sono due domande: una che riguarda la presenza di pipistrelli, che noi non abbiamo visto nella grotta dei Tre Livelli perché probabilmente se ne sono andati per la presenza umana; effettivamente neanch'io ho notato depositi di guano. Forse i pipistrelli sono andati via, oppure frequentano la grotta soltanto in determinati periodi. Comunque il problema dei pipistrelli è abbastanza complesso, lo stanno studiando in tutto il mondo e non so se sia stato studiato anche qui. Poi c'è l'altra domanda che riguarda il substrato. Prego qualcuno di voler rispondere.

SPERLINGA

Debbo anzitutto precisare che « Galleria dei Pipistrelli » è il primo nome che fu dato alla grotta quando venne scoperta, durante i lavori di costruzione della strada, perché in quell'occasione ne venne fuori una gran quantità di questi animali; successivamente noi abbiamo chiamato la grotta « dei Tre Livelli » perché vi si possono identificare agevolmente tre differenti livelli di scorrimento.

Per quanto riguarda i pipistrelli devo dire che in base alle osservazioni da me fatte in questa grotta — ci sono stato prevalentemente in inverno, qualche volta anche in primavera — in effetti in inverno, dopo la strettoia, si possono rinvenire delle colonie di chiroterri; gli individui, dei due sessi, non sono così numerosi come in un'altra grotta che ho visitato spesso, la grotta Immacolatella a San Gregorio — lì le colonie sono costituite da un numero veramente elevato di individui; alla grotta dei Tre Livelli i pipistrelli si trovano raggruppati in un massimo di 15-20 individui della stessa specie, più o meno distanziati fra di loro. Forse il fatto che in estate non si nota accumulo di guano, così come ha osservato Ragonese, è dovuto a questo.

Circa l'inanellamento, nella Tre Livelli alcuni anni fa è stato rinvenuto un esemplare che portava un anello del Museo di Genova, cioè del C.I.P., con la sigla C14; il ritrovamento venne segnalato immediatamente al Centro, ma non abbiamo ricevuto neppure una risposta di ringraziamento.

CARUSO

Il Prof. Marcellino⁽⁵⁾ e io stiamo studiando il contenuto dello stomaco e dell'intestino dei pipistrelli per verificare di cosa si nutrono e se il nutrimento varia con il variare delle stagioni. Abbiamo trovato una colonia ricchissima di *Myotis* all'interno della grotta Immacolatella di San Gregorio, ma non abbiamo trovato colonie polispecifiche. Come è noto il *Myotis* si comporta in maniera particolare, cioè le colonie sono unisessuate: infatti abbiamo trovato femmine e maschi, ma separati. In particolare, nel mese di luglio abbiamo trovato le femmine quasi tutte gravide, in agosto le abbiamo trovate che allattavano i piccoli. Se la cosa vi può interessare, prossimamente queste osservazioni saranno pubblicate. Non abbiamo trovate altre specie; comunque la determinazione è incerta, perché è stata fatta da noi che non siamo specialisti in questo campo.

Per quanto riguarda la grotta dei Tre Livelli non so dire niente, non l'ho mai visitata; d'altro canto può darsi che la presenza dei pipistrelli in questa grotta sia del tutto occasionale: non è improbabile che i pipistrelli se ne servano solo temporaneamente o che l'abbiano abbandonata per vari motivi, quali potrebbero essere cambiamenti di temperatura, umidità o altri fattori.

Riguardo l'influenza del substrato sui cavernicoli, nella mia relazione mi sono limitato ad accennare appena alla questione perché altrimenti ci sarebbe da parlarne tanto che ne verrebbe fuori un corso; però la questione è molto interessante, perché è noto che il substrato esercita una notevole influenza sugli organismi. Infatti non a caso esistono certe classificazioni degli organismi che tengono conto del substrato. Esistono organismi che vengono detti calcicoli; altri che possono vivere e vivono esclusivamente in luce chiara; altri invece preferiscono pH di tipo particolare. Per esempio esistono degli animali che vengono detti limivori,

⁽⁵⁾ I. Marcellino, incaricato di Zoogeografia ed Ecologia presso l'Ist. Pol. di Biol. anim. dell'Università di Catania (n.d.r.).

altri che vivono a spese dell'argilla. Il substrato dunque è fondamentale per quel che riguarda la colonizzazione dell'ambiente, per certe specie in particolare.

Ora vorrei ricordare un episodio. Alcuni anni fa mi trovavo a Palermo e fui accompagnato in grotta dal Sig. Mannino. Ho visitato alcune grotte, la grotta del Fico, con concrezioni calcaree, cristalli, stalattiti, stalagmiti, ecc. Una grotta splendida, bellissima. C'erano alcuni animali che mi interessavano; non molti ma c'erano. Poi il Sig. Mannino mi portò a visitare una certa grotta, si chiamava grotta Conza; era una grottaccia brutta, un'apertura dove c'era un crollo. Eppure posso assicurare che su una roccia ricca di crostoni calcarei ho trovato una quantità di animali interessanti e strani veramente eccezionale.

Quindi direi proprio che il substrato, una volta tenuti salvi gli altri fattori — costanza termica, umidità elevata, assenza di luce, ecc., e altre interazioni che è inutile accennare, oltretutto non ce n'è il tempo — il substrato dicevo ha certamente la sua influenza e non c'è dubbio che il suo studio sia interessantissimo e utile.

SPERLINGA

Vorrei aggiungere qualcosa a quanto ha detto il Prof. Caruso. Nella grotta dei Tre Livelli ho notato esclusivamente *Myotis myotis*, in colonie — come dicevo prima — di 15-20 individui al massimo. Alla grotta Immacolatella invece ho potuto notare colonie di *Myotis myotis* piuttosto numerose, con notevole accumulo di guano; in diversi punti della stessa grotta, isolati, in numero di due al massimo, ho notato inoltre alcuni esemplari di *Miniopterus schreibersi*. Un'altra cosa, veramente sorprendente: nella grotta Conti non ho trovato né *Myotis* né *Miniopterus*, ma soltanto *Rhinolophus*; adesso non so dire se si trattava di *R. ferrumequinum* oppure di qualche altra specie. Ma il fatto veramente curioso è che la grotta Conti si trova soltanto a poche decine di metri dalla grotta Immacolatella; eppure vi si trova soltanto il *Rhinolophus*, sebbene ancora da determinare al livello di specie.

FINOCCHIARO

Ringrazio il Prof. Caruso e Sperlinga per i chiarimenti che hanno fornito. Poiché il tempo a nostra disposizione è scaduto e non ci sono altre domande, dichiaro chiusa questa seduta conclusiva. Ringrazio gli amici di Catania e in particolare Licitra, che hanno organizzato per noi questo interessantissimo Seminario: abbiamo sentito molte cose nuove e interessanti e — mi sembra — questa ultima ora di lavori è stata veramente fruttifera. Sono affiorati molti problemi e molte proposte che sarà veramente interessante sviluppare. Nuovamente grazie.

CIGNA

Mi riprometto di chiudere il Seminario domani sera, perché la gita di domani mi pare faccia parte del Seminario stesso. Ogni volta si è seguita una

certa tradizione, quella di parlare, svolgere una certa teoria, e poi applicare queste cose, cioè vedere in pratica gli oggetti dei nostri discorsi.

In questo caso alcune escursioni sono state già fatte, alcune grotte sono state già viste; comunque penso veramente che la nostra escursione di domani sul cratere dell'Etna ci consentirà di vedere anche tanti fenomeni, tanti dettagli che sono stati messi in luce in queste due giornate di lavoro.

Dunque dovendo chiudere la parte teorica del Seminario, non posso che associarmi alle parole dette da Finocchiaro, che tutto quello che è stato detto, fatto e sentito in questi giorni è stato estremamente interessante, ma in particolare è stato utile e provocatorio — direi — il contenuto di quest'ultima ora di discussione. Una cosa sicuramente è emersa: che abbiamo — ma vorrei dire meglio *avete*, perché naturalmente è più facile lavorare sull'Etna, su questi problemi, per voi piuttosto che per noi, che viviamo un po' più lontano — un mucchio di problemi da risolvere. Se prima erano già noti tanti problemi, tanti dettagli, tanti soggetti da approfondire, chiaramente questa sera ce ne andiamo via con molti più problemi da risolvere, da portare avanti.

Sono state avanzate parecchie proposte di vario genere, sono stati dati dei suggerimenti da parte del Prof. Cucuzza; e mi riferisco in particolare ai problemi che riguardano il Catasto delle grotte laviche, per esempio, o il glossario. Sono tutte cose che senz'altro saranno studiate e si vedrà come applicarle in pratica; direi che sono tutte cose realizzabili, ovviamente tenendo conto di varie situazioni.

Un glossario specifico sulla Vulcanospeleologia o sulle grotte laviche — ma direi meglio sulla Vulcanospeleologia, poiché non riguarda soltanto le grotte, ma dovrebbe rappresentare l'equivalente del Carsismo — sarà un'ottima iniziativa e faciliterà la comprensione. Abbiamo visto per esempio il problema del termine *freatico*, usato in due modi diversi — non stiamo a vedere se giusti o errati, perché direi che la consuetudine giustifica ampiamente l'uso.

In questi due giorni, insomma, è stato fatto dell'ottimo lavoro per il quale ringrazio sentitamente il C.A.I. di Catania e in particolare l'amico Licitra e i collaboratori — non voglio dimenticare nessuno, quindi non elenco nomi perché sicuramente ne lascerei fuori qualcuno; ringrazio tutti gli amici del Gruppo Grotte Catania che si sono tanto adoperati nei mesi scorsi per organizzare questo Seminario. Ci avete fatto vedere qualche cosa di nuovo, di insolito, di lontano dai soggetti di tutti i giorni: ve ne siamo molto grati, e speriamo che questo sia l'inizio di una nuova collaborazione, di nuovi tipi di studi, di nuovi scambi tra speleologi carsici e speleologi vulcanici.

Comunque grazie ancora per tutto quello che ci avete insegnato in questi giorni; e chiudiamo così la parte teorica del Seminario sulle Grotte Laviche.

LICITRA

Vorrei aggiungere soltanto poche parole a quanto ha già detto l'amico Cigna. Desidero rivolgere i ringraziamenti di tutto il Gruppo, del Comitato Organizzatore e miei a Finocchiaro, che ha diretto in maniera impeccabile quest'ultima seduta, nonché al prof. Cucuzza e a Cigna che hanno diretto le sedute precedenti; a tutti i Relatori presenti e assenti che con i loro lavori hanno fornito la materia di

discussione, a tutti voi che con la vostra presenza, con i vostri interventi avete contribuito in maniera determinante alla riuscita del Seminario; ed infine allo amico Cigna per le sue cortesi parole.

Ancora una precisazione: prima di me vanno ringraziati — e li ringrazio io personalmente — i miei consoci del Gruppo Grotte Catania, in particolare Cariola, Scarlata, Barone, Cavallaro, Di Paola, Calcagno, Licciardi, De Francisci; è bene che siano nominati, perché senza la loro determinante ed entusiastica collaborazione ci sarebbe stato impossibile realizzare la manifestazione. Il merito è soprattutto loro. Grazie ancora.

**RELAZIONI E COMUNICAZIONI
PRESENTATE
AL SEMINARIO SULLE GROTTE LAVICHE**

Catania, 27-28 agosto 1975

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975
Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.
Catania, 1977
pagg. 87/100*

Alfred Rittmann (*)

LA FORMAZIONE DELLE GROTTE VULCANICHE

RIASSUNTO — Si conoscono diversi tipi di grotte vulcaniche, ma le più diffuse sono senz'altro le grotte di scorrimento lavico.

Per via della sua elevata viscosità, la lava si muove con moto esclusivamente laminare, in lamine cilindriche concentriche a viscosità crescente dall'interno verso l'esterno. Quelle più interne avanzano ancora per qualche tempo, spinte dalla pressione idrostatica, anche quando cessa l'emissione di magma dalla bocca eruttiva. Ciò provoca lo svuotamento della parte superiore della colata, dando origine alle grotte laviche di scorrimento.

Viene anche discussa l'origine di alcune caratteristiche morfologiche proprie dei tunnel di lava.

SUMMARY — Different kinds of volcanic caves are known, but the most common ones are undoubtedly those generated by flowing lava.

Due to its very high viscosity, lava moves by laminar flow only, in cylindrical concentrical laminae. Their viscosity increases from the core towards the exterior of the flow. For some time the inner laminae continue to be moved by the hydrostatic pressure, even though the eruption has ceased at the vent. This causes the upper part of the flow to be emptied, thus forming lava tunnels.

The origin of some eminent morphological peculiarities of the lava tube caves is also reported.

(*) Istituto Internazionale di Vulcanologia del C.N.R., Catania.

Gli speleologi della Sezione dell'Etna del C.A.I. distinguono quattro categorie di grotte vulcaniche (Condarelli, 1972):

1. **Condotti eruttivi**, cioè grotte a forma di pozzo verticale o quasi, dovute allo svuotamento di un condotto vulcanico in seguito all'abbassamento del livello del magma, sia per efflusso di lava ad una quota inferiore, sia per un ritiro post-eruttivo del magma.
2. **Grotte di scorrimento lavico**, molto frequenti in tutti i vulcani di tipo effusivo, cioè nei pianori basaltici, nei vulcani a scudo e negli stratovulcani ad attività essenzialmente effusiva come l'Etna. Esse hanno attirato l'attenzione dei naturalisti fin dall'epoca greco-romana, ed oggi interessano anche i geologi e i vulcanologi, come dimostrano le numerose pubblicazioni su « Lava tunnel », « Lavaröhren », « Lava tubes », « Feeding tubes » e « Tunnels sous-basaltiques ».
3. **Grotte di fessura**, generate dal deflusso o dal ritiro della lava ancora fluida da una fessura eruttiva, durante l'ultima fase delle eruzioni laterali.
4. **Grotte generate dall'espansione dei gas**, che si rinvengono nelle parti delle colate che hanno proceduto su terreni più o meno pianeggianti. Per lo più queste bolle non sono dovute all'espansione di gas vulcanico-magmatici, ma di vapore proveniente dall'evaporazione di corsi d'acqua o di acquitrini invasi e seppelliti dalle colate.

Fra queste diverse categorie di grotte vulcaniche, la più diffusa e interessante è quella delle grotte di scorrimento lavico, dette brevemente *tubi di lava*.

Nel 1919 Hobbs precisò il concetto come segue: « *Lava tunnel è la galleria tubolare, nella guaina di lava solidificata, attraverso la quale la lava ancora liquida scorre con ulteriore irrilevante perdita di calore. Quando l'alimentazione è cessata e il contenuto della parte superiore del tunnel è defluito verso valle, rimane uno spazio vuoto.* »

Questa definizione è stata accettata nei vocabolari; secondo essa il termine « tunnel » si riferisce sia al *tubo di flusso* pieno di lava fluida, sia al *tubo* svuotato nella sua parte a monte. Implicitamente la parte a valle risulterebbe ancora piena di lava che, solidificando in seguito all'ulteriore raffreddamento, formerà con la roccia circostante una massa unica.

La definizione non mi sembra accettabile per uno speleologo, per il quale soltanto la parte svuotata della *galleria tubolare*, cioè la grotta, può essere definita un tunnel, una galleria, un tubo di lava.

Un'altra obiezione va fatta in quanto il modello semplicistico di una lava liquida che scorre in una *guaina* di roccia solida non rispecchia la realtà, che è molto più complessa.

Per renderci conto di questa realtà, dobbiamo ricorrere alla complessa reologia delle colate laviche.

I principi fondamentali della reologia sono basati su dati sperimentali ottenuti con liquidi a viscosità costante, e la loro applicazione alle lave fluide è senz'altro impossibile, perché nelle colate laviche la viscosità varia entro limiti vastissimi.

Infatti, essendo la viscosità una funzione esponenziale inversa della temperatura, essa aumenta rapidamente con la distanza dalla bocca e verso i margini più freddi della colata. In qualunque sezione trasversale della colata esistono dunque gradienti di viscosità che aumentano verso l'esterno, e in maniera molto irregolare, quando la temperatura si avvicina a quella del cosiddetto irrigidimento.

Un'analisi reologica rigorosa è pertanto impossibile, e ci si deve accontentare di una trattazione molto approssimata, sostituendo i gradienti con valori medi della viscosità. È evidente che i risultati dei calcoli potranno essere soltanto indicativi, almeno finché non si riuscirà a misurare la viscosità in vari punti all'interno della colata mediante strumenti appositamente costruiti e — a quanto mi risulta — non ancora esistenti.

Tentativi in questo senso sono stati intrapresi con successo in un lago stagnante, ad Hawaii (Alae Crater), ma non su colate in movimento.

L'interpretazione delle misure viene ulteriormente complicata dal fatto che la viscosità dipende anche dalla composizione chimica della lava e dalla presenza in seno ad essa di bolle di gas e di cristalli intratellurici.

Volendo studiare a fondo la viscosità delle lave, bisogna quindi misurarne la temperatura e prelevare campioni che vengono poi esaminati in sezione sottile al microscopio a luce polarizzata, o ai raggi X col metodo diffrattometrico, e analizzati chimicamente.

In primo luogo dobbiamo però cercare di stabilire se il moto della lava è laminare o turbolento. Per risolvere questo problema bisogna tentare di calcolare il **numero adimensionale** di Reynolds:

$$Re = DV\rho/\eta$$

dove **D** rappresenta il diametro idraulico, **V** la velocità, ρ la densità e η la viscosità media, che aumenta rapidamente con la distanza dalla bocca, come illustrano per esempio i dati raccolti durante l'eruzione dell'Etna nel 1971.

Per dimostrare il tipo di moto con cui avanza la lava, Both e Self (1973) hanno calcolato il **numero di Reynolds** e il **fattore di frizione** secondo Darcy:

$$f = 8g\rho h \sin\alpha / V^2,$$

dove **g** è l'accelerazione di gravità, **ρ** è la densità, **h** è la profondità della colata, α la pendenza del terreno e **V** la velocità media.

Introducendo questi valori in un diagramma di Stanton, risulta evidente che il moto della lava è sempre laminare, poiché il **numero di Reynolds** è sempre inferiore — almeno di un ordine di grandezza — al valore critico **Re** = 1500, al di sopra del quale il moto diventa turbolento.

È da notare che gli Autori citati hanno determinato la viscosità mediante la formula:

$$\eta = g\rho h^2 \sin\alpha / nV,$$

dedotta dalla legge di Newton sul moto fluidale. Il numero **n** non è una costante, ma oscilla fra 2 e 4 a seconda delle dimensioni della colata. Secondo Minakami è opportuno considerare **n** = 4 vicino alla bocca eruttiva, e **n** = 3 a distanza da essa. Questa variabilità è tuttavia trascurabile, rispetto a quella della stima della profondità **h** della colata e della velocità media. Tenendo conto di tutti gli inevitabili errori, si deve concludere che con questo metodo si può determinare soltanto l'ordine di grandezza della viscosità.

Ho ritenuto necessario accennare ai principi fondamentali della reologia delle lave e alla complessità dei fenomeni connessi con la loro viscosità, in quanto la conoscenza anche approssimativa della viscosità è di fondamentale importanza, dal momento che essa condiziona non soltanto la morfologia esterna delle colate, ma anche la formazione delle grotte, che ci interessano particolarmente.

Chi ha potuto osservare attentamente i movimenti delle scorie trasportate sulla superficie di colate ancora molto fluide, come quella che sgorgava nel 1971 dalle bocche a Sud del Rifugio Citelli, in contrada Serracozzo, avrà visto come alcune scorie che galleggiano presso i margini della colata ruotano su sé stesse come se fossero prese in un vortice. L'osservazione di fenomeni di questo genere ha indotto alcuni a ritenere che le lave si muovessero con moto turbolento, ma in realtà la rotazione delle scorie è causata da un flusso laminare a velocità differenziale (fig. 1).

L'aspetto di una colata ricoperta di scorie ricorda quello di un ghiacciaio con morena mobile superficiale e morene laterali. Molti Autori usano perciò il termine *morene di scorie* per indicare i bastioni di scorie

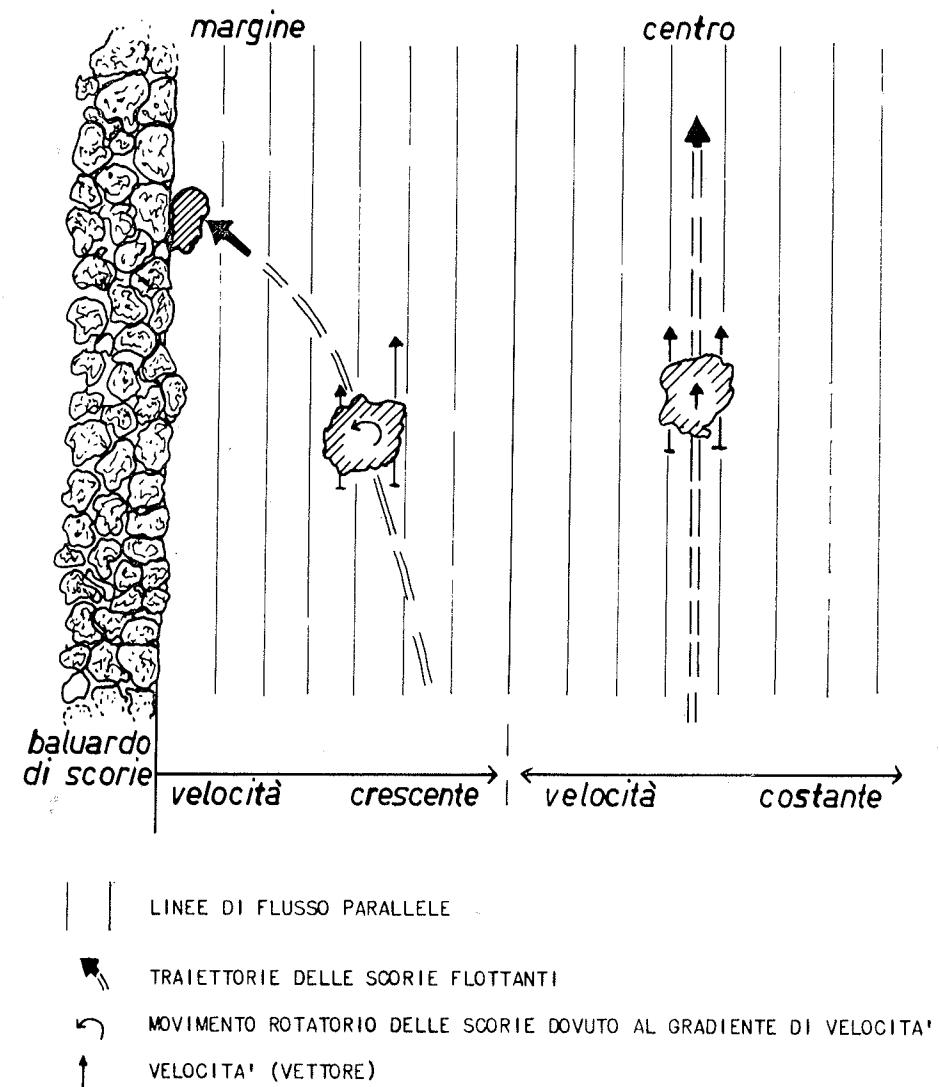


Fig. 1 - Comportamento delle scorie che galleggiano sul dorso di una colata.

che fiancheggiano le colate laviche. La similitudine tuttavia riguarda soltanto la morfologia, non la genesi che è completamente diversa: il volume della massa in movimento, nei ghiacciai, diminuisce per la progressiva fusione del ghiaccio, e il materiale morenico è di origine esterna, mentre nelle colate il volume della massa fusa si riduce in seguito alla progressiva solidificazione della lava, la quale produce essa stessa il materiale scoriaceo dei bastioni laterali.

Nella parte centrale di una colata non troppo stretta l'effetto dell'attrito marginale non è apprezzabile (fig. 2); quindi nella massa viscosa

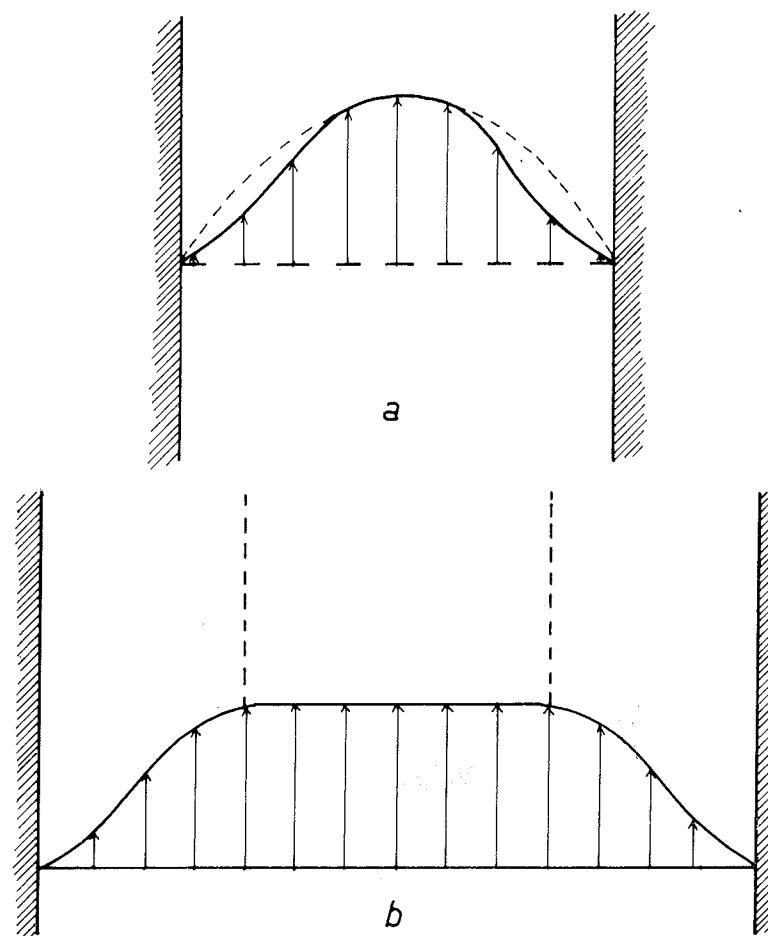


Fig. 2 - a) Velocità di flusso in un canale stretto;
b) Velocità di flusso in un canale largo.

Nel canale più largo la parte centrale si muove a velocità di flusso costante.

si forma un tubo a velocità di flusso costante e di conseguenza senza sollecitazioni. Al contrario, nelle parti esterne, la velocità diminuisce verso i margini, provocando delle tensioni interne proporzionali al suo valore. Per chiarire le conseguenze di questo fenomeno bisogna applicare la legge di Maxwell, verificata sperimentalmente da Kühn e Vielhauer (1952), che dice che in un corpo elastico-viscoso come la lava la viscosità η è uguale al prodotto del tempo di rilassamento τ per il modulo di torsione medio μ :

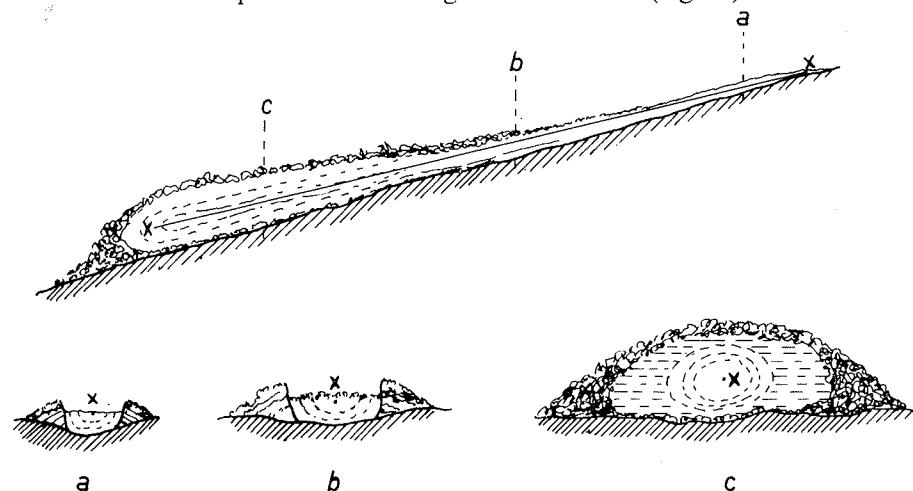
$$\eta = \tau \cdot \mu.$$

(Il tempo di rilassamento τ è il tempo necessario per ridurre la tensione \mathbf{S} , causata da una sollecitazione, alla sua e -esima parte \mathbf{S}/e — dove e è la base dei logaritmi naturali, 2,718 — in seguito alla deformazione elastica della massa viscosa).

Se la sollecitazione ha una durata inferiore a τ , la lava si comporta come un corpo elastico; se invece agisce più a lungo di τ , essa si comporta come un fluido viscoso. Questo strano comportamento si può osservare sperimentalmente scagliando con forza un masso sulla lava fluida: invece di penetrarvi esso rimbalza, perché la durata dell'urto violento è più breve del tempo di rilassamento; posando lo stesso masso sulla lava esso affonda lentamente, perché la pressione esercitata dal suo peso dura più a lungo del tempo di rilassamento (¹).

Se entro il tempo τ la tensione supera il limite di rottura, la lava liquida si spacca come un corpo solido. Vediamo ora dove e come queste rotture *a taglio*, cioè con nette superfici di separazione, si debbono verificare in una colata lavica.

In una colata possiamo distinguere tre zone (fig. 3):



(¹) Il comportamento di un corpo elastico viscoso si può dimostrare facilmente con un pezzo di silicone (*bouncing* o *silly-putty*).

1. Zona di flusso all'aperto
2. Zona di formazione della crosta
3. Zona di flusso all'interno della colata.

Defluendo dalla bocca effusiva la lava comincia a raffreddarsi in superficie e particolarmente sui fianchi della colata, dove si forma un bastione di scorie. Questo rapido raffreddamento periferico è dovuto essenzialmente all'afflusso convettivo di aria fredda in seguito al movimento ascensionale dell'aria riscaldata che si innalza al di sopra della colata. Con l'abbassamento della temperatura la viscosità aumenta esponenzialmente; i gradienti di velocità si accentuano, e con essi anche le sollecitazioni e il tempo di rilassamento, cosicché nelle parti marginali della colata si verifica una netta rottura longitudinale, e la colata fluisce tra due pareti quasi solide, come in un canale.

Nella seconda zona si forma rapidamente una crosta molto viscosa che, sollecitata dal flusso a velocità differenziale, viene fessurata e frantumata. Ogni fessura è un luogo di minore pressione, attraverso il quale i gas presenti nella massa viscosa si liberano, trasformando il frammento in una scoria aculeata, piena di vacuoli irregolari. Questi blocchi scoriacei di dimensioni varie vengono trascinati sulla superficie della colata, si urtano tra di loro e, arrotondandosi, acquistano l'aspetto tipico della lava *aa* (2). Sulle pareti interne del canale di lava si osservano spesso delle profonde striature e scanalature longitudinali, paragonabili a quelle degli specchi di faglia, ma molto più accentuate; esse sono provocate dalle scorie che strisciano lungo le pareti ancora plastiche.

Verso valle il raffreddamento penetra ancora più in profondità, la viscosità media aumenta, e la velocità di flusso degli strati esterni della colata diminuisce rapidamente finché, nella terza zona, la crosta rimane ancorata ai bastioni laterali e la lava fluisce all'interno di una guaina rocciosa, come in un tubo. Però quest'immagine semplicistica non è esatta, e per poter comprendere i fenomeni che si osservano nelle grotte di scorrimento e nei tunnel di lava bisogna analizzare più accuratamente lo scorrimento della lava nella terza zona.

Anzitutto bisogna realizzare che non ci si trova in presenza di un liquido che scorre in un tubo solido, ma che il tutto è costituito da una massa liquida che ha una viscosità altissima nelle parti esterne, e che questa viscosità diminuisce gradualmente verso l'interno, dove è appena

(2) Espressione hawaiana divenuta termine scientifico.

superiore a quella osservata alla bocca effusiva perché, essendo la conducibilità termica della lava molto bassa (circa 0,005 cal/cmq. per secondo), le parti interne della colata si raffreddano con estrema lentezza; inoltre è praticamente esclusa una perdita di calore per irradiazione o per trasporto, dato che il flusso laminare impedisce i moti convettivi.

Nella fig. 4 è rappresentata schematicamente la distribuzione delle velocità (V), delle sollecitazioni (σ) e del tempo di rilassamento (τ), che è funzione della viscosità. Nelle zone intermedie le tensioni possono superare il limite di rottura in un tempo inferiore a τ . Ne risulta un moto

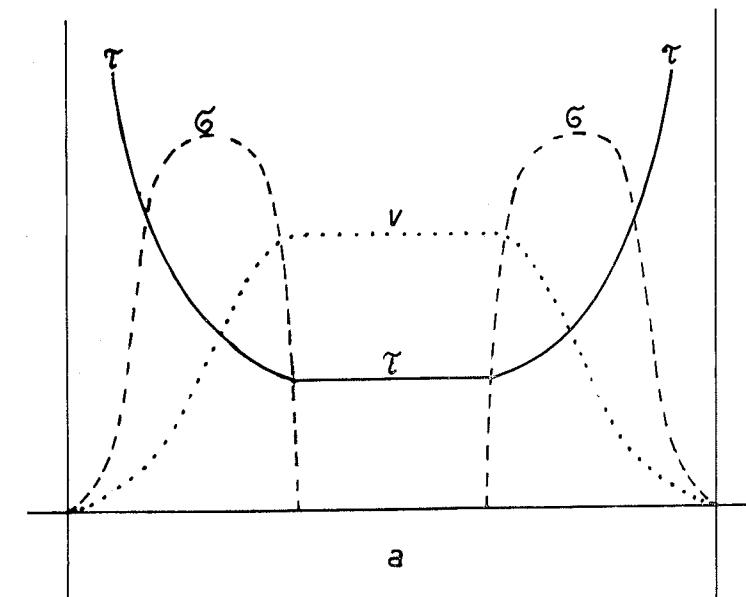


Fig. 4 - Distribuzione schematica delle velocità (V), delle sollecitazioni (σ), e del tempo di rilassamento (τ) in un flusso lavico.

laminare a strati tubolari concentrici, con velocità crescenti verso l'interno, che racchiudono un cilindro che si muove a velocità massima costante (il movimento può essere paragonato all'estensione di un antico cannocchiale). Le superfici cilindriche di separazione sono spesso mar-

cate da bolle e possono apparire, dopo la solidificazione, come vuoti che separano le lastre di pietra (fig. 5).

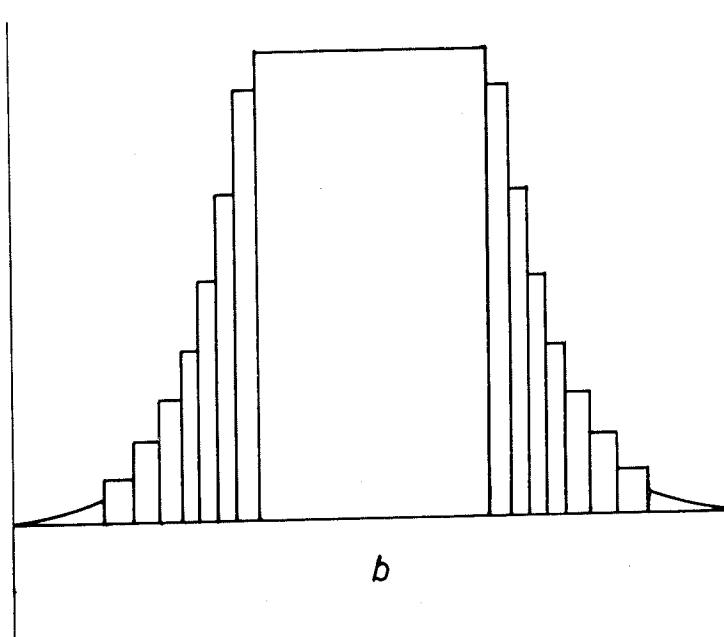


Fig. 5 - ... un moto laminare a strati tubolari concentrici ...

In altri casi, e particolarmente nelle parti frontali della colata, la tensione dei gas non riusciva a vincere la viscosità, e durante il raffreddamento post-eruttivo le lamine di flusso si saldano tra loro, facendo così sparire ogni traccia delle precedenti superfici cilindriche di rottura.

In ogni sezione trasversale della terza zona della colata il tubo di flusso interno è riempito dalla lava fluida completamente, o soltanto parzialmente, a seconda del rapporto tra afflusso e deflusso. Una grotta, un tunnel di lava, si può formare soltanto se l'afflusso è inferiore al deflusso. Quali sono le condizioni necessarie perché ciò avvenga? La risposta sembra evidente: l'afflusso deve diminuire, o anche cessare. Però questa condizione non è sufficiente; infatti può accadere facilmente che la mancanza di alimentazione provochi un abbassamento del livello della lava nelle prime due zone della colata, ma non nella terza.

La formazione della grotta di scorrimento è condizionata anzitutto

dalla velocità del deflusso che, a sua volta, dipende dalla resistenza opposta dalle masse laviche solide che costituiscono la guaina o il fronte lavico. La pressione idrostatica della massa fluida interna aumenta con il dislivello tra l'inizio della terza zona e il fronte della colata; essa fa sì che la colata continui ad avanzare per un certo tempo anche dopo il cessare dell'alimentazione.

In base alla topografia del sottosuolo possono verificarsi accelerazioni o decelerazioni del flusso e dilatazioni o compressioni della crosta, con conseguenti variazioni della sua resistenza. Le colate possono dividersi in rami che possono nuovamente riunirsi, affiancarsi o sovrapporsi. In ogni ramo può formarsi una grotta di scorrimento. Localmente la pressione idrostatica può rompere il tetto e sollevare le zolle a formare un tumulo, o aprire una bocca secondaria dalla quale sgorga una piccola colata che si sovrappone a quella principale.

Tutti questi fenomeni sono accompagnati a monte da un'accelerazione del deflusso, e di conseguenza da uno svuotamento dei tubi di flusso. Un accurato esame della morfologia delle colate e delle grotte permette un'analisi dei fenomeni reologici e delle cause che hanno determinato la forma e l'estensione delle grotte.

Vorrei aggiungere ancora qualche parola sull'origine delle forme che si possono osservare all'interno delle grotte di scorrimento.

La sezione trasversale di queste grotte è in genere circolare o ovale, con fondo piano o leggermente convesso, formato da lava *aa* o *pahoehoe*. Sulle pareti si vedono talvolta delle striature longitudinali analoghe a quelle già menzionate per le pareti laterali dei canali di lava, e che hanno la stessa origine. Ogni tanto si osservano anche cornici di scorie, saldatesi alle pareti quando il livello della lava fluente all'interno del tubo rimaneva costante per un certo tempo. Più raramente si rilevano tramezzi scoriacei orizzontali che dividono la grotta in due livelli. Essi sono più frequenti in grotte che si sono formate nelle fessure eruttive, in seguito a ripetuti abbassamenti del livello della lava. Se questo invece rimane costante per un certo tempo, la lava ristagnante viene coperta da una crosta scoriacea abbastanza solida da non crollare, anche nel caso che la lava fluida sottostante sia successivamente risucchiata nella fessura per una riduzione di volume conseguente alla continua degassazione e al raffreddamento, ovvero in quanto la fessura si è allargata in profondità. Ai margini del tunnel di lava si possono formare strette colatine che defluiscono in rigagnoli laterali dalla superficie convessa: esse testimoniano una leggera ripresa dell'alimentazione. Non bisogna confondere queste colatine a superficie scoriacea con i rotoli di lava a superficie

liscia, che si formano nel modo seguente: quando si abbassa il livello della lava che fluisce nel condotto centrale la volta, costituita da uno strato tubolare ancora plastico, perde il sostegno, si stacca lungo la superficie di separazione e si deforma sotto l'azione della forza di gravità, fendendosi all'apice e piegandosi e arrotolandosi lungo le pareti laterali, costituite dallo strato più esterno. Raramente si rinvengono stadi intermedi di questo fenomeno, sotto forma di strati di lava soltanto parzialmente arrotolati e irrigiditi a mezza strada, in seguito a sopravvenuto raffreddamento.

Un altro fenomeno, dovuto al cedimento plastico degli strati tubolari, sotto il peso della sovrastante lava solidificata, sono i rigonfiamenti convessi delle pareti laterali. Un tale cedimento crea naturalmente delle tensioni nella volta rocciosa, nella quale possono manifestarsi delle fessure che riducono la sua stabilità, fino a causarne il crollo. Si apre così una *finestra*, sotto la quale il fondo della grotta è ricoperto dai blocchi franati.

L'origine delle stalattiti che si riscontrano in certi tratti della volta e delle pareti delle grotte è ancora discussa. Alcuni Autori sostengono che tali stalattiti di lava si formano dalla massa fusa residua intergranulare della roccia ancora non completamente cristallizzata, altri ritengono che si tratti di depositi da soluzioni infiltratesi dall'alto, altri infine le attribuiscono alla rifusione della roccia in seguito a reazioni esotermiche tra i gas magmatici (p. es. l'idrogeno) e l'ossigeno dell'aria che penetra nella grotta. Probabilmente, come al solito, queste tre ipotesi sono tutte valide a seconda delle condizioni locali, ma sarebbe un errore il volerle generalizzare. Prima di discutere l'origine delle stalattiti bisogna accertarsi, caso per caso, della loro composizione chimica e mineralogica. Così, per esempio, nei tunnel di lava delle Azzorre, esistono stalattiti e stalagmiti di limonite (ossido ferrico idrato amorfo) che evidentemente sono state depositate da soluzioni acquose meteoriche cariche di prodotti di alterazione superficiale, decenni o secoli dopo la formazione della grotta. Nelle stesse grotte, come in tutti i tunnel di lava, si osservano anche stalattiti di lava che si sono formate durante l'eruzione: per poterne accettare l'origine bisogna analizzarle. Se la loro composizione è identica a quella della lava che costituisce la volta, si deve ammettere che la sua viscosità era così bassa da consentirne il gocciolamento, ma in tal caso sembra difficile che la volta abbia potuto resistere alle tensioni, o che la temperatura della grotta sia aumentata ed abbia ridotto la viscosità dello strato superficiale della volta fino al punto di permettere il gocciolamento. L'unica fonte di energia che può provocare un aumento della temperatura è costituita dalle reazioni esotermiche di gas

come l'idrogeno con l'ossigeno dell'aria. Infatti le analisi chimiche dei gas magmatici dell'Etna hanno rivelato che l'idrogeno ne è un componente molto importante, il che viene anche confermato dalle fiamme azzurrognole e da esplosioni di gas tonante, che sono state rilevate dagli osservatori durante le ultime eruzioni.

A ciò si aggiunge il fatto che in diversi casi nelle bocche secondarie il colore del tetto incandescente appariva di un giallo molto più luminoso del giallo arancione della stessa lava fluida. A queste osservazioni, che denotano chiaramente la presenza di reazioni esotermiche, si opprebbe l'esperienza fatta ad Hawaii, lanciando un pezzo di legno attraverso una *finestra* sulla colata che percorreva il tunnel: si è constatato che esso non bruciava, ma soltanto si anneriva in seguito alla distillazione a secco. I vulcanologi americani ne dedussero che nel tunnel non era penetrata aria.

Non metto in dubbio questa osservazione, ma sono convinto che l'assenza o la presenza di aria nelle grotte attive di scorrimento dipenda dalla loro configurazione, che favorisce o impedisce l'accesso dell'aria. Il fatto che quel pezzo di legno si sia carbonizzato senza bruciare potrebbe del resto anche essere spiegato in altro modo: il gas magmatico predominante ad Hawaii è l'anidride carbonica (CO_2), che è 1,52 volte più pesante dell'aria e 22 volte più pesante dell'idrogeno, e che pertanto poteva formare sopra la lava uno strato che ricoprisce il legno, impedendone la combustione.

Per quanto mi risulta, stalattiti e stalagmiti di lava si trovano soltanto in taluni tratti delle grotte, il che sembra confermare l'ipotesi della rifusione della volta a causa delle reazioni dei gas. Sarebbe interessante esaminare la relazione tra la presenza di stalattiti e la configurazione delle grotte.

Nelle grandi e lunghissime gallerie di scorrimento dei plateaux basaltici esistono larghi solchi più o meno sinuosi, raramente biforcati, semplici e a pareti verticali o sub-verticali. Essi sono antichi tubi di scorrimento, lunghi anche parecchi chilometri, il tetto dei quali è crollato. Tali solchi possono essere interrotti da ponti, nei tratti ove il tetto ha resistito; solchi analoghi sono frequenti sulla Luna. Soltanto nelle enormi colate basaltiche, che possono raggiungere individualmente volumi di centinaia di Km³, si osservano formazioni così grandiose; secondo rilevamenti recenti (Moukin, 1960), la più grande colata che si conosca (Roza, Washington, USA) ricopre un'area di circa 50.000 Km² con una coltre basaltica spessa in media 48 m., ed ha quindi un volume di circa 2400 Km³! Il volume della più grande colata dell'Etna, che risale al 1669, è soltanto di 0,8 Km³, vale a dire tremila volte più piccolo.

Dobbiamo quindi accontentarci di grotte modeste, con finestre più o meno allungate, invece che di spettacolari solchi giganteschi. Ma anche se le nostre grotte sono quantitativamente molto modeste, esse sono qualitativamente superiori a quei giganti, perché molto più interessanti per la loro morfologia e per la ricchezza di fenomeni collaterali, dovuti all'irregolarità del terreno, che condiziona la loro complessa reologia. Lo studio approfondito delle grotte etnee, osservando anche i minimi dettagli e analizzando accuratamente i materiali raccolti, porterà certamente a risultati scientifici molto interessanti: sono sicuro che l'entusiasmo sportivo, la curiosità scientifica e la paziente ricerca degli speleologi etnei produrrà i suoi frutti.

A differenza delle lave *aa*, cioè a blocchi scoriacei, la formazione della crosta a superficie continua della lava *pahoehoe* presuppone una viscosità più bassa, che facilita la degassazione. Lave *pahoehoe* sono frequenti nelle colate che sgorgano lentamente, senza fenomeni esplosivi, da bocche sub-terminali durante i periodi di attività persistente, o anche da bocche secondarie che si formano nelle grandi colate di tipo *aa*. Le piccole colate *pahoehoe* sono per lo più di dimensioni modeste, ma spesso numerose colatine, uscite da bocche effusive secondarie, si sovrappongono accumulando col tempo grandi masse laviche, come quella del 1969/71 a NE del cratere di NE, verso le Concazzze, o come la grande colata multipla sul versante NO dell'Etna, formatasi negli anni dal 1614 al 1624 in direzione di Randazzo, caratterizzata da molte colatine a corde e a budella, o quell'altra preistorica che ricopre gran parte del versante SE del monte. Le piccole dimensioni delle singole colatine che compongono queste colate multiple, in genere, sul nostro vulcano non sono adatte alla formazione di grandi canali e tunnel di lava, come quelli delle nostre colate di tipo *aa*.

Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975
Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.
Catania, 1977
pagg. 101/113

Christopher Wood (*)

FACTORS CONTRIBUTING TO THE GENESIS OF CAVES IN LAVA

RIASSUNTO — I vari modi e le circostanze in cui si formano le cavità laviche riflettono varie condizioni e combinazioni di fattori che ne influenzano la genesi.

Questi fattori sono riconosciuti come componenti delle proprietà fisiche del magma, del carattere dell'attività effusiva, e delle condizioni ambientali esterne. Il loro ruolo nella genesi delle cavità è controverso, e si è visto che esse si formano solo quando questi fattori possiedono certe proprietà e mantengono certi rapporti.

Quei fattori che si possono valutare direttamente sul terreno sono la pendenza, la topografia e la quantità di lava emessa. Altri fattori che non possono essere misurati si manifestano attraverso le forme e le strutture osservate nelle stesse cavità laviche, e nelle colate che le hanno originate.

Si è fatto un elenco di osservazioni e rilevamenti che possono essere eseguiti sul terreno, ed è su questi che deve basarsi l'interpretazione dei fattori genetici e lo studio comparativo delle diverse forme di cavità.

SUMMARY — Varying forms and occurrences of lava tube caves reflect the varying relationships and combinations of factors controlling cave genesis.

These factors are recognised as components of the physical properties of the magma, the character of the effusive activity, and the external environment. Their roles in cave genesis is discussed and it is seen that caves result only where the controlling factors possess certain properties and hold special relationships. Those

(*) University of Leicester, Geology Dept.; B.C.R.A.

factors which may be measured directly in the field are identified as slope, topography and the amount of lava discharged. Other factors which cannot be measured are seen to have expression in the forms and structures found in lava tube caves and the parent lava flow.

A list is made of observations and measurements which may be made in the field, and it is upon these that interpretation of the genetic factors, and comparative study of diverse cave forms must rest.

A full understanding of the genesis of lava tube caves can only be accomplished through comparative study, for the variability of the forms and occurrences of caves must reflect variabilities in the nature, the relationships, and the combinations of the factors controlling cave genesis. In the analysis of an individual lava tube cave and its immediate environment, many of these factors are not subject to direct measurement, but must be deduced from the field evidence that is available. In considering this problem, this paper sets out to assess the roles that individual factors play in cave genesis in lava, and to suggest which pertinent structures and forms in lava flows are suitable for interpretation and comparative study.

Résumé of present knowledge of cave form and occurrence.

Lava tube caves are known on a world-wide scale, almost exclusively in basaltic lava fields, though in fact the lava of a great majority of such caves has never been analyzed. In basalts, they appear to be most common in the more fluid variety known as pahoehoe, where they are regarded as characteristic features and are believed to play an important role in the emplacement of the flow. Some are found in the more viscous variety known as aa, but their extent in this lava type is not known. Some workers have suggested that lava tube caves develop on slopes falling within a limited range of gradients but in the present writer's experience the range of gradients is wide.

Lava tube caves vary both in distance from, and position in, relation to the vent, or lava source, apparently due in part to the underlying relief. In form, caves range from simple, sinuous unbranched tunnels, to complicated braided labyrinths with superimposed levels connected by lavafalls. In size they range from flat-out crawls to enormous tun-

nels over 20m diameter, while lengths vary from a few metres to over 10km, and if collapsed segments are included some caves are known to have had lengths in excess of 20km. They have a great diversity of cross-sectional form ranging from an almost perfect circle, a half circle with a flat floor, a crescent, a triangle, or to a shape resembling a wine glass. In most caves ornamentation lines many passages and is best seen in beautiful stalactitic and stalagmitic lava growths. For the majority of caves the structure of the lava flow in which they occur, and the relationship of the passage pattern and form to the lava structure, has never been determined. Where it has been examined, apparently similar lava structures have suffered different interpretations, resulting in contrasting genetic models.

Factors that contribute to cave genesis.

The surface morphology and internal structure of a lava flow is the result of complex relationships between a number of variable factors which are components of the physical properties of the magma, the character of the extrusion, and the external environment in which the flow takes place. As lava tube caves are characteristic geomorphic forms of some lava flows, then their origin too is controlled by these factors. However, not all these variable factors are of equal importance. Also, some are completely independent of the other factors, while others interact and are partly or even wholly dependent upon the independent factors.

- 1) Factors influencing the physical properties of the magma (viscosity):
 - a) the chemical composition of the magma
 - b) the amount and condition of the gas held in the magma
 - c) the temperature of the magma
 - d) the solid load carried in the magma
- 2) Factors determined by the character of the extrusion:
 - e) the amount of magma discharged
 - f) the rate of discharge
- 3) Factors determined by the external environment:
 - g) the gradient of the slope beneath the flow
 - h) the topography of the ground over which flow takes place.

The principal physical property of the magma is viscosity, a fundamental factor in cave genesis. This is controlled in turn by the chemical composition of the magma, the amount and condition of the gas present in it, its temperature and its solid load.

Lava in general is composed of partly molten silicates containing volatiles either in solution or present as bubbles in the melt. Chemically, the control over viscosity is influenced by the relative proportions of silicon to bases in the melt. Generally speaking the smaller the proportion of bases, like iron and magnesium, to silicon the higher is its viscosity. Acid lavas have higher viscosities, therefore, because it is thought the spare bonds of the silica tetrahedra, not taken up by bases, link to other tetrahedra and form three-dimensional polymer networks, restricting the freedom of flow.

If, however, the proportion of bases is large, then these basic atoms will take up the spare bonds on the tetrahedra, and the bonding of one tetrahedron to another is less extensive. In this case the liquid consists more nearly of independent units with interconnecting bonds, making flow easier. Clearly, the most viscous flows are of acid lavas, like rhyolite or dacite, while the intermediate lava, andesite, is not as fluid as the basic lava known as basalt.

The amount of gas dissolved in the magma is the result of the relationship of the rest of the magma and its temperature and pressure. Nearly all magma contains more gas at depth than it can hold in solution when the pressure is reduced as it reaches the surface. Separation of excess gas therefore takes place in newly erupted magma and may be seen as bubbles in the liquid (vesicles in consolidated lava). The effect of gas on the viscosity of the magma is complicated for if a large amount of gas remains in solution, viscosity is low, and if the gas has separated into bubbles in the melt, then viscosity is also low if the bubbles are not too numerous, but if they are abundant and whipped into a foam, then viscosity is increased.

Temperature has a simple, yet important, control over viscosity, for the higher the temperature of a magma, the lower its viscosity. Heat is lost through radiation and conduction to the air and the ground, and temperature is subject to change throughout the length and cross-section of a lava flow. Also, there is an intimate relationship between the mobility of the lava and the maintenance of temperature, which must be a fundamental consideration in this discussion.

The solid load of the magma is determined by the gas content and the temperature of the magma, for a reduction in both, or either, will

cause crystallization. The solid load is normally made up of crystals suspended in the melt, together with crustal fragments engulfed during flow. Viscosity is increased by the process of thickening the liquid through frictional drag between the grains.

Although lavas in general have high viscosities when considered with other fluids, they do nevertheless possess a significant range of viscosities. Viscosity is defined here as that property of a fluid which determines its resistance to a shearing stress. The reciprocal of viscosity is mobility. Thus, liquids with low viscosity, or high fluidity, flow readily, while those of high viscosity, or low fluidity, flow slowly and with difficulty. As a fluid with a general high viscosity, a lava will flow with laminar motion and rarely, if ever, with turbulent motion. This means, in laminar flow, that the flow paths of the individual particles of the fluid do not cross or intersect, but have path lines which are essentially parallel. In lava flows of very high viscosity, the fluid portion of the flow results in a greater amount of internal shearing than more fluid flows, and hence affects mobility.

Factors linked with the character of the extrusion and the external environment include the amount and rate of discharge, the gradient of the slope over which the flow passes, and the local topography. Discharge is important simply in determining the size of the lava flow, and hence cave system, and maintaining the mobility of the flow by the addition of hot magma from the vent. Slope also has a control over the mobility of the flow, both in terms of flow velocity and in the maintenance of mobility. Slope is an important factor to consider in the drainage of lava tubes. The topography of the pre-flow surface may cause the lava to be confined within a narrow valley (Fig. 2), or to spread upon a wide plain, or to flow with a different velocity over variable gradients, or to become ponded. Under these varying circumstances, flow mechanisms are affected.

The magma is subject to change even while it is in the vent, for the temperature and pressure of the external environment are significantly lower than the temperature and pressure at depth. In a response to regain equilibrium with the new environment, both at the vent and during flow, the lava suffers losses in temperature and gas which lead to progressive crystallization. Account, therefore, must also be taken in this discussion of the dimensions of distance and time.

The processes of cave genesis in lava, to which these factors contribute, may be divisible into two distinct genetic stages, involving (a) the construction of a conduit, or lava tube, within the flow body

and (b) the drainage of the lava tube, usually after cessation of activity at the vent, to produce a lava tube cave. The discussion will therefore consider the role individual factors play in these separate genetic stages.

Circumstances inducing the growth of conduits in lava flows.

It is only when the determining factors possess certain properties and bear special relationships that internal conduits in lava develop. Lava tubes have been observed in lava flows characterized by a pahoehoe surface, in some aa flows, but never in block lava flows. These terms were introduced by geologists to designate the three common surface forms and internal structures which characterize the majority of lava flows. Pahoehoe is recognized by a smooth, billowy, or ropy surface; aa by a fragmental and spinose surface; and block lava by more regularly shaped fragments than aa, with less spinose surfaces. Observations have shown that the surface expression and internal structure of these lava flows is a result of its particular mode of emplacement, which in turn is determined by its viscosity.

Although chemical composition represents the major control of the viscosity of lavas, the other controlling properties make an important contribution to the relative viscosities of the lavas richer in bases, such as basalt. It has been observed, for example, that both pahoehoe and aa commonly form in the same flow, that a flow of pahoehoe may change aa downslope, that quiet effusion at the vent produces pahoehoe, and violent lava fountaining produces aa. It is therefore generally considered that the formation of aa instead of pahoehoe is largely the result of greater viscosity, resulting from lower temperatures, a smaller gas content, and a more advanced crystallization. Even more viscous than aa is block lava, which may be derived in a similar way to aa, but in general it appears that the principal determinant of flow of block type is the chemistry of the lava, for block lavas tend to occur in basalts richer in silica than aa and pahoehoe, and are most typical in andesites, lavas with an intermediate silica content. It is also interesting to note here that although the rock trachyte may contain nearly as much silicon as rhyolite, and more than dacite, it is commonly less viscous. This may be because of the larger amount of gas dissolved in the magma, or that trachyte contains less free silica, and hence has less polymeric bonding. Commonly, therefore, trachyte and phonolite tend to form thinner and broader flows than dacite or rhyolite, and it has been reported that they may even show pahoehoe structures as are usually formed in basalt.

There is, then, a basic difference between silica-rich and base-rich lava flows. Lavas rich in silica, like rhyolite and dacite, if they remain coherent and are not ripped into clouds of incandescent particles by the expanding gases, are always so stiff from the start that they congeal as thick tongues before they have travelled far. Lavas rich in bases, in contrast, have the appearance of great fluidity, travelling large distances and forming thin flows.

The fluid motion within the mobile central part of a flow of high viscosity tends to separate into a series of parallel sheets, slipping over one another, and lying parallel with the ground which causes frictional drag. In fact flow is often so viscous that towering masses from the central part of the lava flow are heaved up by the imperceptibly slow forward movement, only to collapse due to contraction on cooling to litter the flow surface with angular blocks. This type of movement is characteristic of block lavas, whose advance is generally so slow that only the fall of blocks down the scree covered front shows that it is taking place. The flow mechanism and mode of advance of an aa flow is similar to that of a block flow, but there are important differences related to the greater mobility of aa. Close to the vent an open stream is formed, generally moving along the middle line of the flow, while towards the front the river disappears beneath the spinose rubble of the flow surface. On a steep slope the front may advance at a rate of several kilometres per hour, advancing with a rolling motion, gradually burying the rubble which avalanches from the top surface and the flow front. The main mass of an aa flow is a very viscous paste, moving with less internal shearing than block lava. In some aa flows lava tube caves have been discovered, showing that in some cases internal flow becomes restricted to preferred parts of the flow. In very fluid lavas pahoehoe flow mechanisms prevail and are quite distinct from aa or block lavas, although gradations exist between the three types. Pahoehoe near the vent may consist of a single sheet moving as a unit, the front of the flow advancing with a rolling motion like aa. More typical, however, larger flows are fed by a complex of internal streams beneath the crust, liquid being visible only at the flow front or where the surface is broken. At the vent the mobile stream is soon confined in a channel between levees of its own construction, by splashing, spattering and overflow. The channel may be braided or simple, and extend for considerable distances, but sooner or later, as a result of heat loss to the air and the ground, the surface freezes over and the active flow becomes restricted to pipe-like zones of liquid movement, feeding the active flow front which may lie miles downslope. At the front the lava

does not flow as a unit, but rather by the protrusion of one small tongue after another, said to resemble the pseudopodia of an amoeba. These tongues advance only a short way before they chill and lose their mobility, though the process is repeated time and time again, ultimately constructing one compound sheet.

Recent observations of active flows in Hawaii have shown that internal conduits originate either as the result of the roofing of an open channel, or through the retention of movement within pahoehoe toes. Indeed, open lava channels appear to be essential prerequisites for the survival of active flow, for through their construction, enough mechanical energy is conveyed to overcome the friction of the slope, and thermal energy losses to the air and the ground are reduced sufficiently to maintain temperatures which allow continued flow. Indeed, there is an intimate relationship between movement and the retention of heat, for convection, rather than conduction, accounts for the principal method of heat transfer, and the mobility of the lava depends on the maintenance of high temperatures. Thus, mobility increases with temperature and, in turn, the temperature is more fully maintained by an increase or maintenance of movement.

Consider this principle during the early stages of emplacement: here the lava is subject to thermal and mechanical losses and the marginal parts of the flow fail and cease motion for lack of heat. Mobility will be retained along the paths of most active movement only. The situation is one where initially very hot and mobile lava is in contact with a cold surface and there is a sharp transition between the two. This is not a steady condition and a transitional zone of temperature and viscosity is produced, resulting in a velocity change towards the edge of the active flow. This, in turn, through its reduced flow of heat to the outside of the mass, tends towards congealing and causes the flow to narrow. In this way a well defined channel is produced in which there is a steady state of thermal and flow conditions, with a zone of transition of temperature and viscosity from the central thread outward and downward to the wall rock.

In any open channel the maximum temperature loss is to the air, but the velocity of the flow and heat delivery through the channel are such that the channel is kept nearly constant. However, as the velocity and the delivery of heat is reduced, perhaps through a reduction in discharge or slope, or because the flow has suffered excessive heat loss through prolonged flow, the maximum temperature filament drops below the surface and the top of the lava stream begins to solidify. Eventually, through increased viscosity, the top velocity of the

lava stream will be reduced and the channel may become completely bridged, with relatively rapid flow now continuing in a lava tube beneath. There is thus a change downslope from channel flow to tongue flow, which takes place when the rate of thermal delivery falls below the rate of thermal loss to the sides and bottom of the channel, and from the surface to the air.

As observed by geologists in Hawaii, there are many ways in which lava channels may be roofed. Near the vent flow is often turbulent, and splashing and spattering may lead to the construction of arched levees which eventually join across the stream. Alternatively, the channel may become covered by a stationary crust which is thickened by overflow, or crustal slabs carried in the stream may jam across the channel. These processes are not necessarily confined to pahoehoe, but may also take place in aa channels. However, in aa and more viscous flows, areas of surface crust are broken up by the drag of the thick fluid beneath, and roofs over open channels may only develop where the resulting debris piles up at an obstruction, as froth piles up at a weir. Although there is therefore a very high likelihood for conduits to form in aa, it may be that only the most fluid flows are capable of evacuating the tube, or even should evacuation take place, the unconsolidated rubble which forms the roof of the tube may not have the coherence to withstand collapse.

By their very nature also, toes which are peculiar to pahoehoe flow fronts hold small tubes. The advance of pahoehoe is by the outbreak of mobile magma through the crusted front which immediately develops an elastic skin which stretches as the new formed tongue elongates, until it has chilled sufficiently to arrest movement. Not only do these tongues accumulate side by side, but they pile one above the other also. Sections of pahoehoe may reveal stacks of conduits within the compound flow.

Circumstances inducing conduit drainage.

It does not necessarily follow that because lava tubes develop in some lava flows they will form caves, for the conduit may not drain off the fluid lava which it is transporting. The transition in the genetic stages, from a lava tube to a lava tube cave, must, by definition, take place when the discharge of lava to the tube declines and eventually ceases. This occurs when discharge to one lava tube is captured by a more favourable flow route during the period of active vent effusion

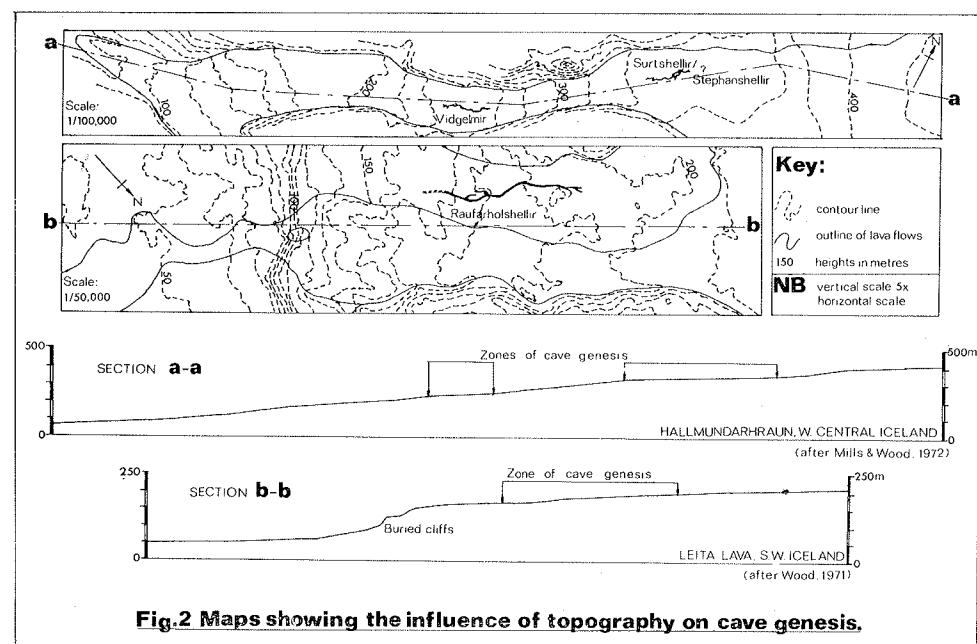
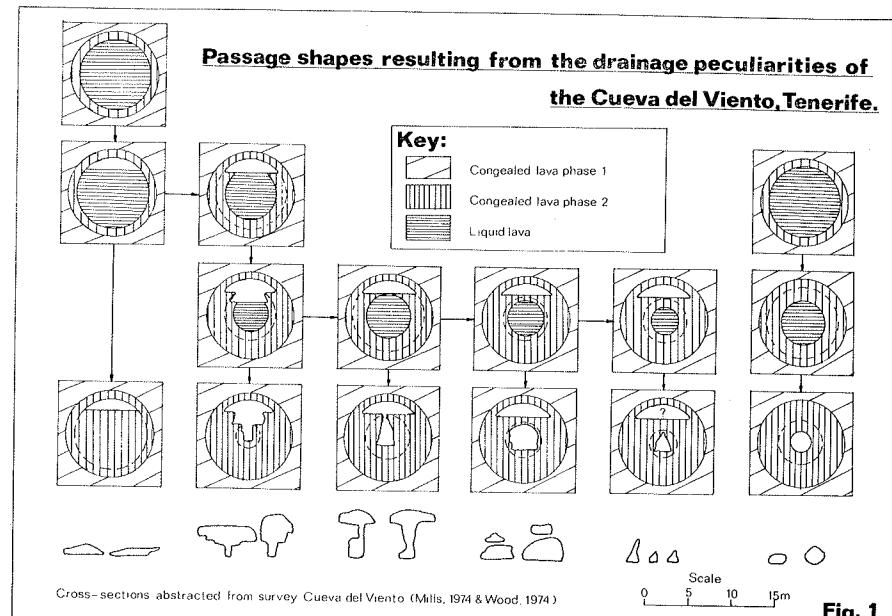
(an analogy with stream pirating and « misfit » streams), or when activity at the vent ceases completely.

Drainage takes place when two conditions are fulfilled:

- a) when discharge wanes the lava within the tube must retain a degree of mobility on the existing slope;
- b) there is a space to which the residual lava can drain.

a) Drainage depends upon the mobility of the residual lava in the conduit, and this, as we have already recognized, is a function of its viscosity, controlled here mainly by temperature and the gradient of the slope down which it flows. Returning to the discussion on the relationship between temperature and mobility, the mobility of the lava within the lava tube must depend principally on the maintenance of high temperatures, and temperature is more fully retained by a maintenance of movement. Movement is normally, during active flow, provided by continuing discharge and gravity. When discharge to the tube diminishes or ceases, movement takes place only as a response to gravity. Temperatures are not maintained, viscosity increases, and a feedback effect, because of diminishing temperatures, will tend towards cessation of movement altogether. Residual lava in a tube will therefore have a greater viscosity than the lava during active flow. This means that it is very rare for a tube to drain fully of its residual lava, and generally movement ceases before a lava tube has completely emptied. This leads to the production of varying cross-sections within the cave (Fig. 1). For the evacuation of very viscous flow, the slope must be steep. For example, the Cueva del Viento has extremely spinose aa floors which could only have retained movement because of the very high gradient of 1 in 6. In contrast, some Icelandic caves in fluid pahoehoe, such as Vidgelmir or Surtshellir/Stephanshellir, appear to have drained on almost negligible slopes (Fig. 2). The contrast may be carried further and is even more striking with regard to passage form, for passages in the Cueva del Viento appear to have drained with difficulty because of the more viscous flow, resulting in low, tortuous cave passages which are often flat-out crawls over spinose aa, but in the Icelandic caves just mentioned passages are vast and the amount of congealed residual lava is small. The study of some Icelandic caves has also shown that details of the pre-flow topography is also an important factor, for they show that selected segments of long lava tubes drain only where topographic detail is favourable. The drainage of Raufarhóllshellir, for example was controlled by the fossil cliffs lying downflow

of the lava tube, and similarly the caves of the Hallmundarhraun are separated by areas of steeper gradient (Fig. 2).



b) The other condition which must be fulfilled before lava tube drainage commences is that there must be a space into which the residual lava can flow. During active flow the lava passing through the conduit causes a build-up of hydrostatic pressure behind the flow front, and as long as pressure is great enough to rupture the crusted front, the advance of the flow will continue. It may be in very fluid flows that this process continues for a short while when discharge at the vent has ceased, causing the higher part of the conduit to empty. An alternative may be that space for residual lava is provided in an underlying cave, leaving a segment of the tube above empty of the lava it once transported. This may not seem the rare occurrence it seems, and the process is to some extent identified in caves which possess lavafalls. Another alternative, also very common, results because most large tubes during their active life are not filled to the roof with mobile lava, either because discharge has diminished since the construction of the roof, or the lava river has eroded the floor and lowered the lava level. In any case, at cessation of vent activity, residual lava will drain under the pull of gravity to the lower part of the flow, entirely filling the conduit here, and leaving the higher part near the vent empty. This process explains the very strange phenomena of vast tunnel-like lava tube caves closing down completely in only a few metres.

Measurement of the genetic factors in the field.

Because the work of the speleologist is restricted mainly to inactive lava fields, many of the factors contributing to cave genesis are not subject to direct measurement, but must be interpreted indirectly by means of the available field evidence. A case in point is viscosity. The viscosity of an active lava flow is accessible for precise measurement with special instruments, but in older lava fields the worker must deduce the general viscosity from such observations as the nature of the surface form of the lava, its length in relation to its thickness, its structure, its chemistry, and so on. This will act as a guide to mobility. However, factors which are available for more or less direct measurement in older lava flows, are slope, major topographic detail, and the amount, but not the rate, of discharge.

Observations and measurements which may be recorded in the field, suitable as interpretative data, are listed below:

- 1) the survey of the cave, to show plan, long profile and passage cross-sections;

- 2) the relationship of the cave profile with the profile of the flow surface and the pre-flow surface;
- 3) the analysis of the topographic situation of the cave;
- 4) the relationship of the cave to the vent;
- 5) the relationship of one cave segment to another;
- 6) the chemical and mineralogical analysis of the parent lava;
- 7) the analysis of the structures and forms seen on the surface of the flow, in exposures near the cave, and visible within the cave through spalling of the wall lining;
- 8) the analysis of the internal cave forms and features.

Thus, although we possess some knowledge of the contributions individual factors make, we do not know the whole range of properties, relationships and combinations which these factors hold in the genesis of caves. Varying combinations and relationships of factors must be reflected in the diverse types of lava tube caves present throughout the world. It is through the comparative study of these diverse forms that full understanding will be reached.

REFERENCES

- Mills M. T., (1974): *Survey Cueva del Viento, Sheet 1 (Cueva de los Breveritas)*; Published Shepton Mallet Caving Club.
- Mills M. T. & Wood C. (1972): *A preliminary investigation of Vidgelmir lava cave, mid-west Iceland: A case for cave conservation*; Jour. Shepton Mallet Caving Club, Ser. 5, No. 4, pp. 3-17.
- Wood C. (1971): *The nature and origin of Raufarhólshellir*; in *Scientific investigations in Raufarhólshellir lava cave, SW Iceland*; Trans. Cave Research Group of G. B., Vol. 13, No. 4, pp. 245-256.
- Wood C. (1974): *Survey Cueva del Viento, Sheet 2 (Cueva de los Piquetes)*; Published Shepton Mallet Caving Club.

FATTORI CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE DELLE CAVITÀ NELLA LAVA (*)

Una piena comprensione della formazione delle grotte laviche si può ottenere solo attraverso uno studio comparato, giacché la varietà dei modi e delle circostanze in cui si formano le cavità deve riflettere variabilità nella natura, nei rapporti e nella combinazione dei fattori che determinano la speleogenesi.

Nell'analisi di una singola grotta lavica e delle sue immediate vicinanze, comunque, molti di questi fattori non sono soggetti a misurazioni dirette, ma devono essere dedotti dai pochi indizi reperibili sul terreno.

In considerazione di ciò questo studio intende valutare i ruoli che i singoli fattori giocano nella formazione delle grotte laviche, e suggerire quali strutture e forme pertinenti, nelle colate laviche, sono utili all'interpretazione e allo studio comparativo.

Panorama delle conoscenze attuali della morfologia e della genesi delle cavità.

Le grotte laviche sono note su scala mondiale quasi esclusivamente nelle zone a lave basaltiche, sebbene in realtà la lava della maggior parte di queste grotte non sia mai stata analizzata.

Nei basalti esse sembrano essere più comuni nella varietà più fluida, nota come *pahoehoe*, della quale sono considerate aspetti caratteristici, e si ritiene che abbiano un ruolo importante nell'avanzamento delle colate.

Alcune si trovano nella varietà più viscosa, conosciuta come *aa*, ma la loro diffusione in questo tipo di lava non è nota.

Alcuni ricercatori hanno ipotizzato che le grotte laviche si sviluppano entro una limitata gamma di pendenze, ma in base all'attuale espe-

(*) Traduzione dall'inglese di Caterina Scarlata.

rienza dello scrivente questa gamma è ampia. La diversa distanza e posizione delle grotte laviche rispetto alla bocca eruttiva o alla sorgente di lava è apparentemente dovuta, in parte, ai rilievi sottostanti. Quanto alla forma, le cavità vanno dalle semplici gallerie sinuose, prive di diramazioni, al complicato intrecciarsi di labirinti a diversi livelli, congiunti da cascate di lava. Per quel che riguarda l'ampiezza, esse vanno dai cunicoli bassi alle enormi gallerie di oltre 20 m. di diametro, mentre le lunghezze variano da pochi metri a oltre dieci chilometri, e se si includono i segmenti crollati risulta che alcune grotte hanno raggiunto lunghezze di oltre venti chilometri.

Vi è anche una grande varietà nelle sezioni trasversali, che vanno dal cerchio quasi perfetto al semicerchio col fondo piatto, alla mezzaluna, al triangolo, o a una forma che somiglia a un bicchiere da vino.

Nella maggior parte delle cavità molti passaggi sono rivestiti da decorazioni consistenti generalmente in bellissime stalattiti e stalagmiti di lava. Nella maggior parte delle grotte non è mai stata determinata la struttura della colata lavica in cui esse si aprono, o la relazione tra l'aspetto e la struttura delle gallerie e quella della lava. Dove ciò è stato esaminato, strutture laviche apparentemente simili hanno subito diverse interpretazioni, che hanno condotto a modelli genetici contrastanti.

Fattori che influenzano la formazione delle grotte.

La morfologia della superficie e la struttura interna della colata lavica sono il risultato di complesse relazioni tra un certo numero di fattori variabili derivanti dalle proprietà fisiche del magma, dal carattere dell'eruzione e dall'ambiente esterno in cui la colata si espande.

Giacché le grotte laviche sono forme geomorfiche caratteristiche di alcune colate laviche, anche la loro origine è influenzata da questi fattori. Comunque non tutti questi fattori variabili hanno la stessa importanza; inoltre alcuni sono completamente indipendenti dagli altri fattori, mentre altri esercitano un'azione reciproca e sono parzialmente o anche completamente dipendenti dai fattori indipendenti.

A) Fattori che influenzano le proprietà fisiche del magma (viscosità):

1. composizione del magma;
2. quantità e condizione dei gas contenuti nel magma;
3. temperatura del magma;
4. carico solido trasportato dal magma.

B) Fattori determinati dal carattere dell'eruzione:

5. quantità di magma emesso;
6. portata dell'emissione;

C) Fattori determinati dalle condizioni ambientali esterne:

7. pendenza del terreno sul quale avanza la colata;
8. topografia del terreno sul quale essa si espande.

La principale proprietà fisica del magma è la viscosità, un fattore fondamentale nella genesi delle cavità. Essa dipende a sua volta dalla composizione chimica del magma, dalla quantità e condizione dei gas in esso contenuti, dalla sua temperatura e dalle scorie solide che esso trasporta.

La lava è composta generalmente da silicati parzialmente fusi contenenti sostanze volatili o in soluzione o presenti sotto forma di bolle nella fusione. Chimicamente la viscosità è determinata dalla proporzione relativa di silice e basi nella massa fusa.

Parlando in generale, quanto minore è la proporzione di basi, come ferro e magnesio, rispetto alla silice, tanto più alta è la viscosità. Le lave acide presentano una maggiore viscosità, giacché si pensa che i legami liberi dei tetraedri di silicio non saturati dalle basi si legano con altri tetraedri e formano reticolati polimerici tridimensionali, che limitano la libertà del flusso. Se comunque la proporzione di basi è ampia, allora questi atomi basici satureranno i legami liberi dei tetraedri, e il collegamento dei vari tetraedri sarà meno esteso. In questo caso il liquido è formato, più probabilmente, da unità indipendenti con legami intermolecolari, che rendono il flusso più scorrevole. Chiaramente, le colate più viscose sono di lava acida, come riolite o dacite, mentre la lava intermedia, andesite, non è fluida come la lava basica, nota come basalto.

La quantità di gas in soluzione nel magma è una conseguenza del rapporto tra il resto del magma e la sua temperatura e pressione. In profondità quasi tutto il magma contiene più gas di quanto possa tenerne in soluzione quando la pressione si riduce al suo affiorare in superficie. Nel magma appena sgorgato avviene quindi una separazione del gas eccezionale sotto forma di bolle nella massa liquida (cavità vescicolari nella lava solidificata). L'influenza dei gas sulla viscosità è complicata: infatti, se una grande quantità di gas rimane in soluzione, la viscosità si man-

tiene bassa, mentre se il gas si è separato in bolle all'interno del fluido, la viscosità è ugualmente bassa se queste non sono troppo numerose, ma aumenta se esse sono tanto abbondanti da formare una schiuma.

La temperatura ha sulla viscosità un'influenza semplice ma importante, giacché quanto più è elevata la temperatura del magma tanto minore è la sua viscosità. Il calore si disperde per irraggiamento nell'aria e per conduzione nel terreno, e la temperatura è soggetta a variazioni per tutta la lunghezza e la larghezza di una colata. Infine vi è una stretta interdipendenza tra la mobilità della lava e la sua capacità di conservare il calore, e questa considerazione è fondamentale ai fini di questa discussione.

Il carico solido del magma è determinato dal suo contenuto di gas e dalla sua temperatura, poiché una diminuzione di entrambi o anche di uno solo di questi fattori sarà causa di cristallizzazione. Il carico solido è normalmente costituito da cristalli in sospensione nella massa fusa, oltre che da scorie inglobate durante il flusso; la viscosità viene accresciuta dal processo di addensamento del liquido in seguito all'attrito fra i granuli.

Sebbene le lave, se paragonate ad altri fluidi, presentino una viscosità elevata, questa tuttavia varia entro una vasta gamma di valori. Per viscosità intendiamo qui quella proprietà di un fluido che ne determina la resistenza a sollecitazioni di taglio; l'inverso della viscosità è la fluidità. Pertanto liquidi che hanno bassa viscosità (o elevata fluidità) scorrono facilmente, mentre quelli ad alta viscosità (o bassa fluidità) scorrono lentamente e con difficoltà. Come fluido a viscosità generalmente elevata, la lava scorrerà con moto laminare e raramente, ammesso che sia possibile, con moto turbolento. Ciò significa — nel flusso laminare — che i filetti liquidi delle singole particelle del fluido non si incrociano o intersecano, ma hanno un andamento lineare ed essenzialmente parallelo. Nelle colate laviche fortemente viscose la parte fluida è costituita in pratica da un gran numero di suddivisioni interne, piuttosto che da zone di flusso più fluide, e ciò conferisce loro una parvenza di fluidità.

I fattori connessi al carattere delle eruzioni e all'ambiente esterno includono la quantità e la portata del flusso, l'inclinazione del pendio sul quale si riversa la colata e la topografia locale. L'entità dell'emissione è importante semplicemente per determinare le dimensioni della colata e quindi del sistema di cavità, e per la sua capacità di mantenere fluida la colata con l'apporto di magma fuso dalla bocca eruttiva. Anche la pendenza condiziona la mobilità della colata, sia per la velocità di questa, sia

per la conservazione della sua fluidità. La pendenza è anche un fattore importante nel drenaggio dei tubi lavici. La topografia della zona su cui si riversa l'eruzione può far sì che la lava rimanga confinata in una stretta valle (fig. 2) o che si espanda su un'ampia zona pianeggiante, o che scorra a diverse velocità su pendenze variabili, o che ristagni. Questi diversi fattori condizionano il meccanismo della colata.

Il magma è anche soggetto a modificazioni strutturali mentre affiora alla bocca eruttiva, in quanto la temperatura e la pressione dell'ambiente esterno sono notevolmente inferiori di quelle in profondità. Per adattarsi alle nuove condizioni ambientali, sia alla bocca eruttiva che durante il flusso, la lava subisce una perdita di calore e di gas che conduce ad una progressiva cristallizzazione; in questa discussione, pertanto, bisogna tener conto anche della distanza e del tempo.

Nelle lave, i processi speleogenetici sui quali questi fattori esercitano la loro influenza possono essere suddivisi in due distinti stadi genetici che comportano:

- (a) la formazione di un condotto, o tubo di lava, in seno alla colata;
- (b) il drenaggio di questo tubo, che si verifica di solito al cessare dell'attività della bocca eruttiva e provoca la formazione di una galleria lavica.

Pertanto la discussione esaminerà l'influenza che i singoli fattori esercitano in questi distinti stadi genetici.

Circostanze che determinano la formazione dei condotti nelle colate laviche.

La formazione di condotti in seno a una colata avviene soltanto quando i fattori determinanti possiedono certe proprietà e si combinano in un certo modo. La presenza di tubi lavici è stata osservata in colate caratterizzate da una superficie *pahoehoe*, talvolta nelle lave *aa*, ma mai nelle colate di lava a blocchi.

Questi termini sono stati introdotti dai geologi per designare le tre più comuni forme superficiali e di struttura interna che caratterizzano la maggior parte delle colate laviche. Il tipo *pahoehoe* si riconosce da una superficie liscia, ondulata o a corde; il tipo *aa* è contraddistinto da una superficie scoriacea e spinosa; il tipo a blocchi si riconosce invece per i frammenti più regolarmente definiti di quelli *aa*, con superfici meno spigolose. Le ricerche condotte hanno dimostrato che l'aspetto

esteriore e la struttura interna di queste colate laviche dipendono dal loro particolare modo di insediarsi, che a sua volta è condizionato dalla viscosità.

Sebbene la composizione chimica costituisca il principale fattore della viscosità della lava, gli altri fattori che intervengono nella viscosità esercitano un'importante influenza sulle rispettive viscosità delle lave più ricche di basi, come i basalti. Per esempio è stato osservato come nella stessa colata si formino generalmente sia la lava *pahoehoe* che quella *aa*, che una colata *pahoehoe* può diventare *aa* man mano che scende più in basso, che un'emissione tranquilla alla bocca eruttiva produce il tipo *pahoehoe*, mentre i violenti zampilli di lava producono il tipo *aa*. Si ritiene pertanto, in generale, che la formazione di lava *aa*, anziché *pahoehoe*, dipenda in gran parte da una maggiore viscosità, determinata da temperature più basse, da un minore contenuto di gas e da una cristallizzazione più avanzata. Ancora più viscosa è la lava a blocchi, che probabilmente si forma come quella *aa*, ma in genere sembra che il fattore determinante delle colate di tipo a blocchi risieda nella composizione chimica della lava, in quanto questa forma tende a manifestarsi nei basalti più ricchi di silice rispetto alla *pahoehoe* e alla *aa*, ed è tipica nelle andesiti, che hanno un contenuto medio di silice.

A questo punto è interessante notare altresì che le trachiti, pur potendo contenere quasi le stesse quantità di silicio delle rioliti e delle daciti, sono generalmente meno viscose. Ciò può essere provocato dalla maggior quantità di gas disiolto nel magma, o dal fatto che le trachiti contengono meno silice libera, e quindi un minor numero di legami polimerici. Quindi le trachiti e le fonoliti tendono in genere a formare colate più sottili e più ampie che le daciti e le rioliti, e risulta che esse possono persino mostrare delle strutture *pahoehoe*, così come avviene abitualmente nei basalti.

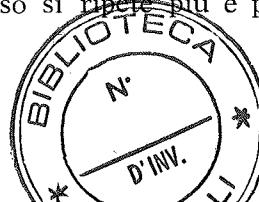
Vi è poi una fondamentale differenza tra le colate laviche ricche di silice e quelle ricche di basi. Le prime, come rioliti e daciti, fin dall'inizio sono sempre così consistenti che solidificano in spesse lingue prima di aver percorso un certo cammino, se rimangono coerenti e non vengono frammatate in nuvole di lapilli incandescenti dai gas in espansione; le altre invece si presentano molto fluide e percorrono notevoli distanze formando colate sottili.

Il fluido in movimento all'interno della parte centrale mobile di una colata fortemente viscosa tende a suddividersi in una serie di sottili lamine parallele che scorrono l'una sull'altra, parallelamente al substrato, generando attrito da frizione. Infatti la colata è spesso così viscosa che

il movimento in avanti, lento e quasi impercettibile, fa sollevare nella sua parte centrale masse torreggianti che crollano poi per contrazione da raffreddamento, costellando la superficie della colata di massi a spigli vivi. Questo tipo di movimento è caratteristico delle lave a blocchi, la cui avanzata è generalmente così lenta che soltanto la caduta di massi lungo il fronte della colata, ricoperto da detriti, mostra che essa è in movimento.

Il meccanismo e il modo di avanzare di una colata *aa* è simile a quello di una colata a blocchi, ma vi sono importanti differenze connesse con la maggiore fluidità della lava *aa*. In prossimità della bocca eruttiva si forma una corrente aperta che si muove generalmente lungo la linea mediana della colata, mentre verso il fronte il flusso scompare sotto la coltre spigolosa che ricopre la superficie. Lungo il pendio scosceso il fronte può avanzare a una velocità di parecchi chilometri all'ora, procedendo con moto volente e seppellendo lungo il suo cammino i detriti che rotolano giù da esso e dal dorso della colata. La massa principale di una colata *aa* è costituita da una pasta molto viscosa che si muove con un minor numero di separazioni interne rispetto alla lava a blocchi. In alcune colate di tipo *aa* sono state scoperte delle gallerie laviche che dimostrano come in certi casi il flusso interno sia rimasto confinato in zone preferenziali della colata.

Nelle lave molto fluide prevalgono i meccanismi del tipo *pahoehoe*, che sono decisamente differenti da quelli delle lave *aa* o a blocchi, sebbene il passaggio tra i tre tipi sia graduale. La colata di *pahoehoe*, in prossimità della bocca, può consistere di un'unica lamina che si muove uniformemente, mentre il fronte avanza rotolando come la lava *aa*. Comunque le colate più ampie, più tipiche, sono alimentate da un complesso di correnti interne al di sotto della crosta, mentre la parte liquida diventa visibile soltanto al fronte della colata o dove la superficie è fratturata. Alla bocca la corrente fluida viene subito incanalata fra argini eretti da essa stessa con spruzzi, schizzi e traboccamimenti; il canale può essere ramificato o semplice e si estende per distanze considerevoli, ma prima o poi, a causa della perdita di calore nell'aria o attraverso il terreno, la superficie si raffredda e il flusso attivo viene confinato in zone tubolari liquide in movimento, che a valle alimentano il fronte della colata anche a parecchie miglia di distanza. Al fronte la lava non fluisce con continuità, ma piuttosto mediante l'emissione di successive piccole lingue che, dicono, sembrano gli pseudopodi di un'ameba. Queste lingue avanzano per un breve tratto prima che la loro superficie si raffreddi e perdano la loro mobilità, ma questo processo si ripete più e più volte generando alla fine uno strato composito.



Recenti osservazioni su colate in movimento ad Hawaii hanno mostrato che i condotti interni si formano sia in seguito alla copertura di canali aperti, sia per la conservazione del movimento all'interno delle lingue *pahoehoe*. In realtà i canali aperti sembrano essere indispensabili per la conservazione del flusso attivo, giacché la loro formazione consente di convogliare l'energia meccanica in quantità sufficiente a vincere l'attrito del pendio, mentre le perdite di energia termica attraverso l'aria e il terreno sono così ridotte che la lava conserva una temperatura tale da consentirle la continuazione del flusso. C'è infatti una stretta connessione tra il movimento e la conservazione del calore, giacché questo si disperde più per convezione che per conduzione, e la fluidità della lava dipende dalla conservazione di temperature elevate. Così, mentre la fluidità aumenta con la temperatura, questa, a sua volta, si conserva in maniera più stabile con l'aumento o la conservazione del movimento.

Consideriamo questo principio durante le prime fasi della colata: qui la lava è soggetta a dispersioni termiche e meccaniche e le parti periferiche della colata si arrestano per mancanza di calore; la fluidità sarà mantenuta soltanto lungo le linee di maggior movimento. Questa situazione si verifica quando la lava, inizialmente caldissima e fluidissima, entra in contatto con una superficie fredda e si ha un brusco passaggio dall'una all'altra. Questa condizione, non stazionaria, favorisce la formazione di una zona di transizione di temperatura e viscosità, che provoca una variazione della velocità ai margini del flusso attivo. A sua volta questo, in seguito alla riduzione dell'afflusso di calore verso la parte esterna della massa, tende ad immobilizzarsi provocando il restringimento della corrente. In tal modo si giunge alla formazione di un canale ben definito, all'interno del quale le condizioni di temperatura e di fluidità si mantengono costanti, con una zona di transizione delle stesse dalla parte centrale verso l'esterno e verso il basso, fino alle pareti rocciose.

In tutti i canali aperti la maggiore dispersione di calore avviene attraverso l'aria, ma la velocità di scorrimento e la dispersione di calore si bilanciano, di modo che il canale si mantiene praticamente costante. Tuttavia, quando la velocità e la dispersione di calore diminuiscono, magari per una diminuzione di alimentazione o per un addolcimento del pendio, o perché la colata ha subito un'eccessiva perdita di calore a causa della lunga distanza coperta, la linea della temperatura più elevata si immerge al di sotto della superficie e la parte superiore della colata inizia a solidificare; eventualmente, in seguito all'aumento della viscosità, la velocità superficiale della colata può diminuire al punto che il canale venga completamente ricoperto, mentre la lava continua a fluire piutto-

sto rapidamente in un tubo sottostante. In tal caso, a valle, il canale diventa una lingua di lava, il che avviene quando l'afflusso termico non compensa più la quantità di calore dispersa dai fianchi e dal fondo del canale e, in superficie, attraverso l'aria.

In base alle osservazioni dei geologi ad Hawaii, un canale può ricoprirsi in diversi modi. In prossimità della bocca il flusso è spesso turbolento e gli spruzzi possono innalzare argini arcuati che alla fine si congiungono al di sopra della colata; oppure il canale può venire ricoperto da una crosta stazionaria che si ispessisce per successivi traboccati; oppure lastroni di crosta trasportati dalla corrente possono saldarsi tra loro attraverso il canale. Questi processi non sono necessariamente limitati alle lave *pahoehoe*, ma possono verificarsi anche in canali di lave *aa*; comunque nelle colate *aa* e in quelle più viscose la crosta superficiale viene frantumata dall'azione della massiccia colata sottostante, mentre il ricoprimento dei canali aperti può avvenire solo in seguito all'accumulo di scorie contro un ostacolo, così come la schiuma si accumula a una chiusa. Quindi pur essendo verosimile la formazione di condotti nelle lave di tipo *aa*, probabilmente solo le lave più fluide sono in grado di evacuarli, ovvero, anche se avviene lo svuotamento le scorie non saldate che formano la volta del condotto possono non essere abbastanza coerenti da opporre resistenza al crollo.

Inoltre per la loro stessa natura, le lingue che contraddistinguono il fronte delle colate *pahoehoe* racchiudono piccoli tubi. L'avanzata di un fronte *pahoehoe* avviene mediante l'emissione, attraverso lacerazioni della crosta, di magma fluido che si riveste immediatamente di una crosta elastica che si estende man mano che la lingua si allunga, finché il raffreddamento non sia tale da arrestare il movimento. Non soltanto queste lingue si accumulano una accanto all'altra, ma anche una sull'altra; sezioni di colate *pahoehoe* possono rivelare l'esistenza di gruppi di gallerie in seno a una colata composita.

Circostanze che favoriscono il drenaggio dei tubi.

Il fatto che in alcune colate si formino tubi di lava non implica necessariamente che vi si debbano formare delle cavità, poiché nel condotto potrebbe non avvenire il drenaggio della lava fluida che lo attraversa. Negli stadi genetici, il passaggio da un tubo di lava ad una galleria lavica di scorrimento deve, per definizione, aver luogo quando l'afflusso di lava nel tubo diminuisce fino a cessare del tutto. Ciò avviene quando la corrente che percorre un tubo lavico viene catturata da una via di

deflusso più agevole, perdurando l'emissione di lava alla bocca (analogo alle correnti parassite e alle controcorrenti), ovvero quando l'attività alla bocca cessa completamente.

Affinché il drenaggio avvenga debbono essere soddisfatte due condizioni:

- a) quando l'afflusso diminuisce, la lava all'interno del tubo deve conservare un certo grado di fluidità lungo il pendio esistente;
- b) deve esistere uno spazio verso il quale la lava residua possa defluire.

a) Il drenaggio dipende dalla capacità di movimento della lava rimasta all'interno del condotto, e questa capacità — come abbiamo già accertato — dipende dalla sua viscosità, qui influenzata principalmente dalla temperatura e dall'inclinazione del pendio sul quale essa scorre. Tornando al discorso sul rapporto esistente tra la temperatura e la fluidità, la fluidità della lava all'interno di un tubo deve essere influenzata principalmente dalla conservazione di temperature elevate, e queste a loro volta vengono meglio mantenute mediante il movimento. Durante il flusso attivo il movimento è normalmente mantenuto grazie alla continua alimentazione e alla forza di gravità. Se la prima diminuisce o cessa, il movimento nel tubo viene a dipendere soltanto dalla gravità. La temperatura si abbassa, la viscosità aumenta e, a causa della perdita di calore, un effetto retrogressivo tenderà verso la completa cessazione del movimento. Pertanto la lava rimasta all'interno di un tubo avrà una viscosità superiore a quella avuta durante il flusso attivo: ciò significa che il drenaggio completo di un tubo avviene molto raramente e generalmente il movimento si arresta prima che il tubo si sia completamente svuotato. Questo fenomeno conduce alla formazione di varie sezioni trasversali all'interno della cavità (fig. 1).

Per il drenaggio di una colata molto viscosa la pendenza deve essere ripida; per esempio la Cueva del Viento presenta pavimenti di tipo *aa* estremamente spigolosi, per cui la lava può aver conservato il movimento solo grazie alla fortissima pendenza di circa il 17%. Al contrario alcune cavità islandesi sviluppate in lava fluida di tipo *pahoehoe*, come Víðgelmir o Surtshellir/Stephánshellir, mostrano che il drenaggio è avvenuto su pendii quasi irrilevanti (fig. 2).

Il contrasto è ancora più evidente nell'aspetto delle gallerie, giacché nella Cueva del Viento sembra che esse si siano svuotate con difficoltà a causa della maggiore viscosità della lava, provocando la formazione di passaggi bassi, tortuosi, che spesso si riducono a strettoie orizzontali sulla lava *aa* irta di asperità, mentre le grotte islandesi prima menzio-

nate hanno ampie gallerie e la quantità di lava solidificata all'interno è trascurabile. Lo studio di alcune grotte islandesi ha evidenziato inoltre come anche la topografia preesistente all'eruzione rappresenti un fattore importante, dato che il drenaggio di determinati segmenti di lunghi tubi lavici avviene soltanto dove l'andamento topografico è favorevole. Per esempio il drenaggio della Raufarhólshellir è stato determinato dalle falesie fossili che si trovavano a valle del tubo lavico, e così pure le grotte dello Hallmundarhraun sono separate da zone di maggiore pendenza (fig. 2).

b) L'altra condizione che deve essere soddisfatta affinché possa avvenire il drenaggio del tubo è l'esistenza di uno spazio verso il quale possa fluire la lava residua. Durante l'eruzione la lava che attraversa il condotto provoca un aumento della pressione idrostatica sul fronte della colata, la quale continuerà ad avanzare finché la pressione è abbastanza elevata da lacerare la crosta del fronte. In colate molto fluide può accadere che questo processo prosegua per qualche tempo anche se è cessato l'efflusso dalla bocca eruttiva, provocando così lo svuotamento della parte superiore del condotto, oppure lo spazio necessario alla lava residua può essere fornito da una galleria sottostante, che consente lo svuotamento di un segmento di tubo. Questo fenomeno non è poi così raro come sembrerebbe, e sarebbe stato individuato in cavità che presentano cascate di lava. Un'altra possibilità, anch'essa piuttosto frequente, è data dal fatto che i tubi di maggiori dimensioni, durante la fase attiva non si riempiono completamente di lava fluida, sia perché l'afflusso ha subito un rallentamento dopo la formazione della volta, sia perché il fiume di lava ha eroso il letto, provocando un abbassamento di livello. In ogni caso, quando cessa l'attività alla bocca, il drenaggio della lava residua avverrà per forza di gravità verso la parte più bassa della colata, provocando in questa zona il riempimento del condotto e svuotando la parte più elevata, in prossimità della bocca eruttiva. Questo processo rende conto dello strano fenomeno di ampie gallerie laviche che si chiudono completamente nello spazio di pochi metri.

Rilevamento sul terreno dei fattori genetici.

Dal momento che il lavoro degli speleologi si limita principalmente ai campi di lava solidificata, buona parte dei fattori che influenzano la speleogenesi non sono suscettibili di controlli diretti, ma debbono essere dedotti dalle osservazioni condotte sul terreno. Uno degli elementi in questione è la viscosità. La viscosità di una colata attiva può essere

rilevata mediante particolari strumenti, ma nei vecchi campi di lava il ricercatore deve dedurre la viscosità generale da elementi come l'aspetto superficiale della lava, la lunghezza della colata in rapporto al suo spessore, la sua struttura, la sua composizione chimica, ecc. Da tutto questo si potrà dedurre il grado di mobilità della lava. Comunque i fattori che nelle vecchie colate si prestano a misurazioni più o meno dirette sono la pendenza, i particolari topografici più significativi, le dimensioni dell'eruzione (ma non la sua portata).

Ecco un elenco di osservazioni e rilevamenti, effettuabili direttamente sul terreno, che possono fornire dati interpretativi:

- 1) il rilevamento topografico della grotta, per ricavarne la pianta, la sezione longitudinale e le sezioni trasversali delle gallerie;
- 2) il rapporto tra il profilo della cavità, il profilo superficiale della colata e la superficie topografica preesistente;
- 3) l'analisi della situazione topografica della cavità;
- 4) il rapporto tra la cavità e la bocca eruttiva;
- 5) il rapporto tra i vari tratti della cavità;
- 6) l'esame chimico e mineralogico della lava incassante;
- 7) l'analisi strutturale e morfologica della superficie della colata, delle sezioni esposte in prossimità della grotta e di quelle al suo interno nei punti in cui è crollato il rivestimento delle pareti;
- 8) l'analisi delle caratteristiche morfologiche interne della cavità.

In conclusione, anche se abbiamo una certa conoscenza dell'influenza esercitata dai singoli fattori, non conosciamo l'intera gamma di proprietà, rapporti e combinazioni che questi fattori hanno nella genesi delle cavità. Le variazioni delle combinazioni e dei rapporti possibili tra i diversi fattori devono essere dedotte dai vari tipi di gallerie laviche esistenti in tutto il mondo, ed è proprio mediante lo studio comparato di queste forme differenti che si potrà arrivare alla piena conoscenza dell'argomento.

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.
Catania, 1977
pagg. 127/148*

Donald W. Peterson e Donald A. Swanson (*)

**FORMAZIONE DEI TUBI DI LAVA
OSSERVATA DURANTE L'ERUZIONE DEL 1970-71
SUL VULCANO KILAUEA, HAWAII (**)**

RIASSUNTO — Nel corso dell'eruzione 1970-71, sul Kilauea si sviluppò una complessa rete di tubi di lava, sia in seguito al ricoprimento di colate laviche, sia per coalescenza di lingue di lava pahoehoe. Successivamente la lava si spostò attraverso questi tubi sotterranei fino a distanze di 12 km., con velocità oscillanti tra 1 e 6 km/h.

Durante lo sviluppo del sistema di tubi, si formavano delle finestre che consentivano l'osservazione diretta delle caratteristiche, dei processi interni, e dell'evoluzione dei tubi di lava attivi.

Inizialmente i tubi si presentavano di modeste dimensioni, con profondità non superiori a 3 m., ma in seguito raggiungevano fino a 13 m. di profondità, probabilmente per fenomeni di erosione, mentre la lava continuava a scorrere all'interno di essi. I tubi rappresentavano degli ottimi isolanti termici, tanto che la lava, percorrendoli, perdeva pochissimo calore.

Abbiamo potuto osservare, durante i vari stadi della loro formazione, cascate di lava sotterranea, tubi con diversi livelli di scorrimento, stalattiti di lava e molte altre caratteristiche proprie dei tubi lavici di epoca preistorica.

(*) Osservatorio Vulcanologico Hawaiian, Hawaii, U.S.A.

(**) Titolo originale: « **Observed formation of lava tubes, during 1970-71 at Kilauea volcano, Hawaii** ». Ristampato da « **Studies in Speleology** » (William Pengelly Cave Studies Trust Ltd., London, 1974, vol. 2, part 6, 209-222). Traduzione: Giuseppe M. Licitira.

In circa 10 mesi la rete di tubi così formata ha riversato un'enorme quantità di lava sulle pendici meridionali del Kilauea, mettendo in evidenza l'importante funzione dei tubi nella formazione e nell'evoluzione dei vulcani hawaiiani.

SUMMARY — A complex braided and distributary system of lava tubes developed, both by roofing of lava streams and by coalescence of pahoehoe toes, during 1970-71 at Kilauea. Lava was eventually transported through these tubes as far as 12 km underground at average rates of 1 to 6 km/hour.

Skylights formed as the tube system developed, allowing direct observations of the characteristics, processes, and evolution of active lava tubes.

Initially, the tubes were small — generally only 1 to 3 m deep — but they enlarged to at least 13 m deep, probably by erosion, while lava continued to flow through them. The tubes were excellent heat insulators, so that lava cooled very little as it flowed.

Underground lava falls, multi-storied tubes, lava stalactites, and many other features common in prehistoric lava tubes were observed in various stages of formation.

During a period of about 10 months, the tube system delivered a great volume of lava to Kilauea's south flank, indicating that lava tubes are very important in the growth and development of Hawaii's volcanoes.

Introduzione.

Il Kilauea è un vulcano-scudo attivo che si eleva a circa 1200 m. s.l.m. nella parte sud-orientale dell'isola di Hawaii, la più sud-orientale dell'omonimo arcipelago (riquadro della fig. 1). La sommità del vulcano è incisa da un'ampia depressione di collasso, la Kilauea Caldera, e due rift lineari — o zone di frattura — si estendono per diverse decine di km. lungo i suoi versanti orientali e sud-occidentali, dai margini della caldera fino alla costa, prolungandosi ulteriormente sotto il livello del mare. L'edificio vulcanico è stato costruito gradualmente nel corso di alcune decine di millenni da eruzioni di lave basaltiche, emesse da aperture situate all'interno della caldera e lungo le due zone di frattura. Al momento dell'eruzione la lava basaltica è quasi sempre molto fluida e forma edifici del tipo a scudo, con pendenze molto modeste; nei basalti hawaiiani i tubi lavici sono molto comuni.

La parte più elevata del vulcano, situata all'estremità Ovest della zona di frattura orientale del Kilauea, è stata particolarmente attiva nell'ultimo decennio, con dieci differenti eruzioni, che hanno prodotto quasi 300 milioni di mc. di lava. La più imponente di esse, per la durata e per il volume del materiale emesso, iniziò il 24 maggio 1969 e finì a metà ottobre del 1971. Durante questi due anni e mezzo si formò un nuovo vulcano-scudo avventizio, che venne chiamato Mauna Ulu (in hawaiiano significa « Montagna Che Cresce »), e gran parte dei versanti meridionali del Kilauea furono invasi da colate laviche (fig. 1). L'attività vulcanica al Mauna Ulu riprese nel febbraio 72 e proseguì fino al 1974.

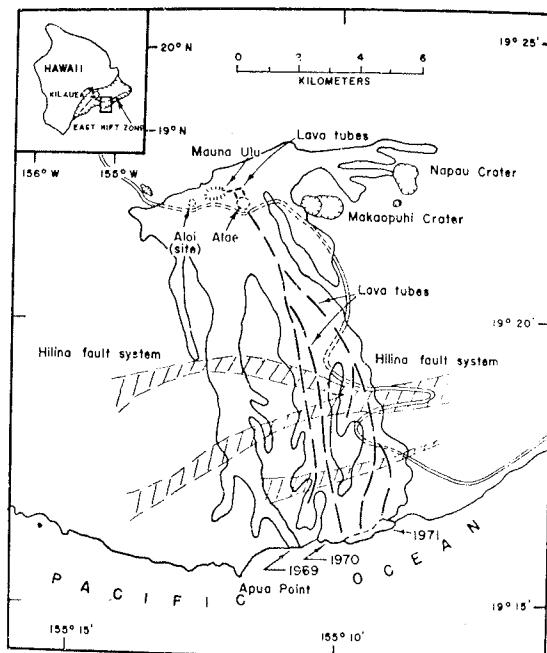


Fig. 1 - L'isola di Hawaii (riquadro in alto a sinistra) e il teatro dell'eruzione del Mauna Ulu (da «Studies in Speleology», 1974, Vol. 2, part 6).

Durante il 1970 e 71, mentre colate laviche di modesto spessore si espandevano lentamente dal Mauna Ulu sul versante meridionale del Kilauea, si andava formando un esteso e intricato sistema di tubi di lava. Noi ci trovammo nelle condizioni ideali per fare frequenti e accurate osservazioni, e questi studi iniziali ricevettero ulteriore impulso in seguito agli studi di Greeley (1971), e di Cruikshank e Wood (1972), che confrontavano le analogie esistenti tra i tubi di lava e forme apparentemente simili osservate sulla Luna. Poiché noi abbiamo studiato la progressiva formazione e l'evoluzione del sistema di tubi, abbiamo potuto renderci conto che essi rappresentano ben più che una semplice analogia con la morfologia lunare, o una curiosa e accidentale caratteristica riscontrabile in alcune rocce vulcaniche: in realtà i tubi hanno una grande importanza nell'avanzata delle colate in zone distanti dal luogo dell'eruzione. Pertanto siamo convinti della loro fondamentale importanza nell'evoluzione dei vulcani-scudo hawaiiani.

Le nostre osservazioni, in linea di massima, concordano con quelle di Wentworth e Macdonald (1953), Greeley (1971) e Cruikshank e Wood (1972), e le approfondiscono; al contrario non abbiamo trovato alcuna prova a sostegno dell'elegante teoria di Ollier e Brown (1965), che sostiene che i tubi di lava traggono origine dalla differenziazione interna di colate laviche di notevole spessore.

Questo lavoro sintetizza le nostre osservazioni sul fatto che i tubi di lava si formano nelle colate di modesto spessore quando queste vengono ricoperte da una crosta solida, oppure quando le lingue che fuoriescono dal fronte di una colata si rivestono di un guscio di lava raffreddata.

Sintesi dell'eruzione 1969-71 del Mauna Ulu.

L'eruzione del 1969-71 si è manifestata con attività multiforme, come descritto da Swanson et al. (1971). Ne presentiamo qui un breve riepilogo, mettendo in evidenza l'attività connessa con la formazione dei tubi di lava.

Dal maggio al dicembre 1969 l'attività eruttiva, nel luogo dove sarebbe sorto il Mauna Ulu, fu caratterizzata da imponenti fontane di lava (alte diverse centinaia di metri) che protraevano la loro attività per alcune ore, intervallate da successivi periodi di relativa quiete che duravano da alcuni giorni a diverse settimane. Durante i periodi di quiete la lava si muoveva all'interno della fenditura eruttiva, e talvolta si sollevava fino a traboccare oltre il margine craterico in pigre colate di modesta entità. La maggior parte della lava fu emessa dalle spettacolari fon-

tane, una delle quali raggiunse l'altezza di 540 m. In brevissimi intervalli di tempo queste fontane emettevano ingenti quantitativi di lava: da 3,5 fino a 12 milioni di mc. in periodi che andavano da 4 a 9 ore. Le fontane di lava alimentavano ampie ed estese colate di *pahoehoe* (¹) che si espandevano dal cratere in massima parte verso il fianco meridionale del Kilauea, in direzione del mare. Tuttavia nella maggior parte delle colate emesse durante il 1969 la formazione dei tubi di lava, rispetto all'insieme dell'attività eruttiva, rappresentò soltanto un aspetto secondario e gran parte dei tubi che si formarono erano di dimensioni modeste e non collegati tra loro.

L'ultimo episodio con alti zampilli di lava avvenne il 30 dicembre 1969; le fontane successive non oltrepassarono mai i 40 m. di altezza. Dal febbraio al giugno del 1970 la lava traboccò periodicamente in tranquille colate dalla fessura eruttiva principale. Durante questi mesi, specialmente in maggio e giugno, sgorgarono continue colate di *pahoehoe* che costruirono un ampio scudo di lava di modesta altezza; esso acquistò presto una propria fisionomia ben definita, tanto da meritare il nome di Mauna Ulu. Verso la fine di giugno il Mauna Ulu era diventato una collina, coi fianchi in dolce pendio, alta circa 100 m. e con un diametro di circa 1 km., che si innalzava a circa 1050 m. sul livello del mare.

In luglio si aprirono parecchie nuove bocche effusive sul fianco orientale del Mauna Ulu, lungo il prolungamento della fessura principale, e quando la lava prese a sgorgare da queste nuove bocche i traboccamimenti dalla fessura sommitale ebbero fine. Gran parte della lava emessa dalle bocche durante il mese di luglio si diresse a Sud, e inizialmente ristagnò sulla superficie solidificata di un lago di lava fusa che si era insediato poco tempo prima nel cratere Alae, colmandolo (Swanson et al., 1972; Swanson e Peterson, 1972). Il maggior peso fece aumentare la pressione sulla lava ancora fluida accumulatasi in precedenza all'interno del cratere; questa all'inizio di agosto si aprì la strada attraverso un tubo che si era formato nell'ottobre 1969 e poi era rimasto sepolto sotto 8 m. di lava più recente. La lava più antica defluì attraverso questo tubo e le sue diramazioni, riemergendo in superficie a circa 1-2 km. di distanza, a Sud dell'Alae. Il parziale svuotamento del lago di lava provocò il

(¹) « *Pahoehoe* » è la lava basaltica relativamente fluida, mentre « *aa* » è quella relativamente viscosa. Temperatura e contenuto di gas elevati, e basso tenore cristallino, favoriscono la formazione del tipo *pahoehoe*. I tubi lavici si formano quasi esclusivamente nel tipo *pahoehoe*. Wentworth e Macdonald (1953) e Swanson (1973) trattano i vari tipi di lava molto in dettaglio.

cedimento della sua crosta e diede origine ad un'ampia e profonda conca di sprofondamento, che riproduceva la forma originaria del cratere.

Nel frattempo le bocche sul fianco orientale del Mauna Ulu continuavano ad emettere lava con una portata praticamente costante di circa 300.000 mc/die (Swanson, 1972).

Nei mesi successivi si andò formando un vasto sistema di tubi di lava: una serie di tubi si insediò tra le bocche eruttive e il lago di lava Alae, mentre un'altra serie si formò a valle, a Sud e a SE del cratere Alae, estendendosi progressivamente fino all'Oceano, a 12 km. di distanza. I meccanismi di formazione dei tubi, che furono osservati in questo sistema, variavano con il variare della distanza dalle bocche eruttive.

Tubi di lava in prossimità delle bocche eruttive.

Gran parte della lava proveniente dalle nuove bocche, aperte sul versante orientale del Mauna Ulu, si espandeva in vaste colate di modestissimo spessore che, raffreddandosi, venivano rapidamente ricoperte da una crosta superficiale. Finché le colate si mantenevano larghe ed appiattite, non si formarono né canali né tubi di dimensioni apprezzabili; tuttavia, quando il flusso proseguiva ininterrottamente per alcune ore, le colate finivano quasi sempre per concentrarsi in profondi e ben definiti canali intercomunicanti. In seguito a diversi processi, lungo alcuni canali si innalzavano progressivamente sponde o argini, sia per ripetuti traboccamimenti dovuti ad aumento della portata, sia per l'accumularsi di spruzzi e brandelli di lava fusa, sia probabilmente in seguito a lenta erosione sul letto del canale, parzialmente plastico e poco resistente. Con queste modalità i canali si approfondivano gradualmente e si assestavano, e quando la lava continuava a fluire per diverse ore assumevano una forma stabile. In questi canali la corrente di lava presentava larghezze variabili da 1 a 10 m.; la maggior parte tuttavia oscillava tra i 2 e i 5 m.

Quando le correnti di lava cominciavano a raffreddarsi, sulla loro superficie si formavano delle croste semisolide; successivamente queste si allargavano e si saldavano insieme, solidificandosi, e sopra la colata si formava gradualmente un tetto. Nel meccanismo di formazione dei ricopimenti vennero osservate diverse varianti; alcuni di questi meccanismi vennero descritti da Wentworth e Macdonald (1954, p. 45), Greeley (1971, 1972) e Cruikshank e Wood (1972, p. 417-427).

In alcuni casi, partendo da una sponda, la crosta si allargava lentamente attraverso la corrente, fino a incontrare la crosta che si formava

a partire dalla sponda opposta. Queste croste si estendevano gradualmente lungo il canale, fino a formare un tetto completo. Talvolta alcuni segmenti della crosta si staccavano, e venivano trasportati a valle, a galla sulla lava fusa. Oppure, con una certa frequenza, la crosta si formava direttamente sulla superficie della lava in movimento, e vi galleggiava a lungo. Le croste galleggianti si saldavano tra loro, nei punti in cui venivano arrestate da qualche ostacolo, e formavano un tetto che ricopriva la corrente e si estendeva progressivamente verso monte, andando a formare un tubo di lava. Un altro importante meccanismo era rappresentato dall'innalzamento degli argini: il loro progressivo accrescimento, in seguito a ripetuti traboccamimenti o per accumulo di spruzzi, li faceva estendere sempre più attraverso il canale in direzione del lato opposto, fino a formare una volta arcuata quando i due lati si congiungevano. Dopo la sua formazione in seguito a uno dei processi descritti, il tetto acquistava spessore e consistenza non appena veniva ricoperto da nuove colate superficiali.

Uno dei più importanti meccanismi di formazione dei tubi era costituito dalla comparsa di croste fisse in corrispondenza della bocca eruttiva, sia al centro della corrente che lungo le sponde. Tali croste si sviluppavano a partire dal margine a monte della fenditura eruttiva, e progressivamente aumentavano di spessore e si allargavano lateralmente verso le sponde. A volte la nuova crosta si allargava fino a ricoprire il canale per tutta la sua larghezza, e continuava ad estendersi lentamente verso valle, man mano che altra lava solidificata andava ad aggiungersi al suo margine anteriore.

Con osservazioni ripetute a intervalli di alcuni giorni era possibile notare come lunghi tratti dei canali di lava erano stati occultati da tetti formatisi in questo modo. Molti di questi tetti venivano distrutti prima di raggiungere una sufficiente solidità: improvvisi rigurgiti della colata affioranti attraverso la crosta, o repentine diminuzioni della portata, provocavano il cedimento del tetto prima che esso fosse abbastanza solido da potersi sorreggere da solo. Tuttavia il processo riprendeva immediatamente, finché alcuni di questi tubi resistevano tanto a lungo da assumere la funzione di collettori della complessa rete.

La crosta sottile e instabile, che si forma lungo le sponde delle colate, può presentare un aspetto ingannevolmente solido: ciò fu dimostrato drammaticamente dal grave incidente occorso a un dipendente dell'Observatorio. Egli come di consueto, accingendosi a raccogliere un campione di lava fusa, avanzò sulla sponda apparentemente solida di una colata; in quel punto, però, vi era in realtà una sottilissima crosta che

aveva appena iniziato ad allargarsi a partire dall'argine. La crosta cedette sotto il peso dell'uomo, e il suo piede e la parte inferiore della gamba si trovarono improvvisamente immersi nella lava fusa a una temperatura di 1150°C. Per fortuna egli riuscì a mantenersi in equilibrio nonostante l'incidente, evitò di cadere, piroettò su sé stesso, e si accasciò all'indietro sulla roccia solida. Una fortunata combinazione di soccorsi immediati, celere trasporto e appropriate cure mediche evitò una tragedia. Due mesi dopo l'incidente l'uomo poteva tornare al lavoro senza aver subito alcun'altra menomazione permanente che le cicatrici sulla pelle.

Come è chiaramente dimostrato da questo pauroso incidente, in prossimità dei tubi di lava, durante la loro formazione, i rischi abbondano; i tubi di lava dovrebbero essere ispezionati sempre con la massima cautela, da quando il fenomeno inizia, fino alla sua completa cessazione.

Dal momento in cui un canale veniva totalmente ricoperto, la lava in movimento non era più visibile. Le aperture risultanti da crolli localizzati del tetto, le cosiddette *finestre*, rappresentavano l'unico mezzo per spingere lo sguardo all'interno del tubo. Pertanto le finestre divennero la nostra cuccagna, nonostante i rischi che comportavano. Alcuni canali non si ricoprivano mai completamente, ma lasciavano delle « finestre residue »; esse comunque erano piuttosto infrequenti, dato che la maggior parte delle finestre era dovuta a crolli della volta. In altra parte del presente lavoro tratteremo la loro formazione.

Formazione del principale tubo di alimentazione del cratere Alae.

Vicino alle bocche eruttive del Mauna Ulu si formò una rete di tubi di lava, e attraverso alcuni di essi la lava passava nel lago situato all'interno del cratere Alae e ricoperto da una crosta superficiale. Uno di questi era il tubo « maestro », che partiva dalla bocca più orientale puntando verso Sud, verso il margine settentrionale dell'Alae. Esso si formò subito dopo l'apertura delle nuove bocche sul fianco orientale del Mauna Ulu, all'inizio dell'agosto 1970, in seguito all'evoluzione di un canale che scorreva verso Sud convogliando un fiume di lava alla volta dell'Alae. Nel giro di 2 ÷ 3 giorni il fiume venne ricoperto progressivamente da una crosta solida, e a partire dal 7 agosto il tetto era già completo. Da quel momento questo tubo, e forse anche altri più piccoli, si trovarono in comunicazione con la parte fluida della lava esistente all'interno dell'Alae, e il comportamento della lava assunse un significato importante per la comprensione di molti aspetti particolari dell'attività vulcanica durante il resto dell'eruzione.

La lava affluì attraverso questo tubo diede luogo a un aumento di pressione idrostatica sulla lava immagazzinata all'interno dell'Alae, provocando la disostruzione di un tubo preesistente, lo svuotamento parziale del lago di lava e lo sprofondamento della crosta superficiale dell'Alae all'inizio dell'agosto 1970 (Swanson e Peterson, 1972).

Dall'agosto 1970, e fino al giugno 1971, il tubo maestro proveniente dal Mauna Ulu alimentò quasi ininterrottamente il lago di lava Alae; il cratere Alae divenne una specie di serbatoio sotterraneo di regime e di alimentazione per la lava che successivamente scaturiva dal tubo di deflusso e ricopriva vaste superfici sul fianco meridionale del Kilauea. Assolvendo la sua funzione di regolatore, l'Alae stabilizzava il regime del flusso lavico a valle, neutralizzando buona parte delle frequenti oscillazioni di portata della lava sgorgata dal cratere, che andava in genere dai 200.000 ai 400.000 mc/die. Dal 10 al 20 febbraio 1971 la portata delle bocche eruttive superò il milione di mc/die: il tubo maestro smaltì l'incremento di portata, ma il tubo di deflusso dell'Alae non vi riuscì, e la lava zampillò fuori dalla superficie solidificata del lago e ricolmò fino all'orlo la conca di sprofondamento. Quando l'emissione regredì alla portata normale, il tubo di deflusso scaricò gradualmente l'eccesso di lava dal serbatoio ricolmo, e la superficie del lago sprofondò nuovamente fino a riformare una depressione a forma di catino (Swanson e Peterson, 1972). Da quel momento, e fino alla fine dell'eruzione, il tubo maestro alimentò l'Alae e questo proseguì nella sua funzione di serbatoio regolatore. Anche successivamente, dopo la fine dell'eruzione, da giugno fino a settembre 1971, la lava incandescente fu ancora visibile all'interno del tubo maestro.

Questa sintesi sulla formazione e sul successivo funzionamento del tubo principale, dimostra la grande importanza avuta dai tubi di lava nell'eruzione 1970-71 del Mauna Ulu: essi non si limitavano a convogliare la lava da un punto ad un altro, ma il tubo maggiore fu anche determinante per il riempimento e il successivo parziale drenaggio di un'ampia depressione craterica. Altrettanta importanza ebbe la rete di tubi che si formò a Sud dell'Alae, poiché consentì alla lava fluida di espandersi su vaste aree distanti dalle bocche eruttive.

Formazione dei tubi di lava a Sud dell'Alae.

Buona parte dei meccanismi che regolavano la formazione dei tubi in prossimità delle bocche eruttive, agivano anche nei canali di lava più distanti da esse, sebbene si riscontrassero alcune differenze, dovute al

comportamento decisamente diverso delle colate laviche; inoltre assunse importanza un nuovo meccanismo di formazione dei tubi.

I primi espandimenti di lava, sulla superficie a Sud dell'Alae, erano decisamente più lenti di quelli che avvenivano in prossimità della bocca eruttiva, probabilmente a causa della minore inclinazione del pendio, e la lava era molto più viscida per via della degassazione avvenuta lungo il percorso. Le colate, in pratica, avanzavano mediante l'emissione di lingue pahoehoe dal fronte, come descritto da Macdonald (1953). I canali che si formavano in seno alle nuove colate superficiali erano piuttosto stretti — in genere da 1 a 3 m. di larghezza — e la lava avanzava a velocità oscillanti da 1 a 6 km/h., tranne che nei punti in cui il pendio era più ripido. Dai canali principali la lava defluiva in complesse diramazioni simili al sistema arterioso, che si ramifica in vene minori e infine nei capillari; tuttavia i canali non soltanto si ramificavano, ma successivamente si ricongiungevano l'un l'altro, formando una rete intricata come i torrenti generati dalle acque di fusione di un ghiacciaio.

Oltre ai meccanismi di ricopertura osservati in prossimità della bocca eruttiva, in queste intricate diramazioni anastomizzate agiva un altro meccanismo di formazione dei tubi — il secondo per importanza, secondo la descrizione di Wentworth e Macdonald (1953, pag. 43). Quando una lingua pahoehoe scaturiva dal fronte lavico, vi si formava attorno un guscio. Questo si gonfiava progressivamente come un pallone, mentre la lava vi affluiva dentro; in alcuni casi si lacerava a causa della pressione idrostatica, lasciando fuoriuscire una nuova lingua di lava che si rivestiva rapidamente di un suo proprio guscio. La continua ripetizione di questo fenomeno consentiva l'avanzata graduale di tutta la colata e la formazione di un piccolo tubo la cui crosta si ispessiva fino a formare un guscio rigido. L'enorme e intricato sistema di tubi ramificati, che rappresenta il meccanismo più comune nella formazione di vaste superfici di lava pahoehoe, si andava formando lentamente in questa maniera.

Nel frattempo si estendeva la ricopertura delle correnti di lava nei canali a cielo aperto, e ciò rappresentava per i tubi un importante meccanismo genetico; Swanson (1973) ha descritto il graduale ampliamento della rete dei tubi verso Sud, in direzione del mare. Alcune colate laviche, scaturendo dalla crosta solida, avanzavano per alcune centinaia di metri in canali a cielo libero, trasformandosi in lava aa in seguito a raffreddamento e degassazione. Contemporaneamente, più a monte, si espandevano altre lingue di lava pahoehoe, e i canali venivano ricoperti da una solida crosta, così che il sistema dei tubi si andava allungando

verso valle. Quando dai tubi scaturivano nuove lingue pahoehoe, queste invadevano e ricoprivano le precedenti lave aa, prima di diventare esse stesse aa, più a valle. Noi assistemmo parecchie volte a questo processo di ricoprimento, mentre il sistema dei tubi si andava estendendo verso Sud, ad agosto e settembre del 1970, e di nuovo in diverse occasioni nei mesi successivi.

Le prime lave che raggiunsero le ripide scarpate dell'Hilina Fault System (fig. 1), assunsero quasi sempre l'aspetto aa appena si inoltrarono lungo il pendio. La rete dei tubi si estese lentamente verso l'orlo della scarpata, quindi prese ad estendersi verso il basso, nonostante in alcuni punti l'inclinazione del pendio raggiungesse i 60°. La lava che scaturiva dai tubi e avanzava lungo il pendio, ricoprendo la precedente lava aa, conservava ancora per breve tratto il suo aspetto pahoehoe. Lungo la scarpata si avventavano rivoli di lava incandescente, raggiungendo a volte effetti spettacolari, ma lo spettacolo durò soltanto pochi giorni, finché le colate di pahoehoe furono completamente sepolte sotto una solida copertura che le trasformò in tubi.

Quando il sistema dei tubi si estese fino alla zona pianeggiante compresa tra le scarpate più basse e la costa, la lava cominciò a ristagnare e quindi prese ad avanzare lentamente mediante la continua emissione di rivoli di pahoehoe dal fronte della colata. La copertura coibente si ispessiva, isolando la lava all'interno e consentendole di conservare la sua fluidità tanto a lungo da raggiungere il fronte sempre più distante. In questo modo la lava pahoehoe raggiunse infine l'Oceano, a 12 km. di distanza dal luogo d'origine, per una settimana nel settembre del 1970 e nuovamente, per più di due mesi, nella primavera del 1971 (2).

Questi eventi dimostrano che la lava pahoehoe emessa in quantitativi modesti ma costanti può raggiungere zone distanti dalle bocche eruttive in quanto la maggior parte del percorso avviene all'interno dei tubi di lava, e di conseguenza rimangono praticamente inalterate sia l'elevata temperatura che la fluidità.

Funzionamento dei tubi dopo la loro formazione.

Dopo la formazione dell'intricato sistema di tubi, i condotti di scorciamento principali continuaron a svolgere la loro funzione, con poche

(2) In precedenza una colata di lava aa, proveniente dal Mauna Ulu, aveva raggiunto il mare nel giugno del 1969; la lava pahoehoe entrò nuovamente in mare dall'agosto all'ottobre del 1972.

interruzioni, per parecchi mesi. Il livello della lava all'interno dei tubi fluttuava spesso in funzione delle occasionali variazioni di portata, alla bocca eruttiva del Mauna Ulu o nel serbatoio (il lago di lava nel cratere Alae, n.d.t.), o in seguito a temporanee ostruzioni all'interno del sistema, causate da crolli della volta o delle pareti. Talvolta i tubi venivano ingorgati dalla lava fluida, che in questi casi traboccava attraverso le finestre e alimentava piccole colate superficiali di breve durata. Quando l'alimentazione diminuiva, o le ostruzioni venivano rimosse, il livello della lava si abbassava ed essa tornava a scorrere all'interno del tubo.

La lava scorreva nei tubi quasi senza rumore, con un suono « appicaticcio », prodotto dallo strofinio della lava fluida contro le pareti pietrificate del canale, e gli spettatori restavano meravigliati per il fatto che un fenomeno tanto spettacolare, con tanto sviluppo di calore, avvenisse praticamente in assenza di rumore.

Lo spettacolo all'interno di un tubo di lava attivo, osservato attraverso una finestra, somigliava a una scena dell'ultimo cerchio dell'inferno: le pareti e la volta all'interno del tubo assumevano spesso aspetti fantastici e splendide colorazioni, con passaggi graduati dal giallo all'arancio, fino al rosso, in funzione della temperatura. I colori erano disposti a fasce: i gialli brillanti si sprigionavano in massima parte dalla lava in movimento e dalle parti più profonde della cavità; le pareti presentavano tonalità di giallo sempre più carico, sino all'arancio, man mano che andava aumentando la distanza dalla lava incandescente, mentre il colore passava all'arancio scuro e al rosso in prossimità della finestra, relativamente fredda.

Buona parte delle pareti, all'interno dei tubi, erano ricoperte da una glassa liscia e brillante; sebbene l'origine di questo rivestimento sia incerta, noi riteniamo che esso provenga dal materiale pietrificato delle pareti che, dopo parziale rifusione, scola lungo la superficie interna del tubo. Il rivestimento interno del tubo rimaneva a lungo incandescente, e la prolungata esposizione alle alte temperature conferiva alla roccia una tessitura differente da quella della normale roccia lavica, formatasi in seguito al rapido raffreddamento della lava. La combustione dei gas sprigionati dalla lava, quando questi si combinavano con l'ossigeno atmosferico, forniva un'ulteriore fonte di calore. In certe fessure eruttive furono osservate pallide fiammate evanescenti, indizio di combustione dei gas (Cruikshank et al., 1973), e fiammate simili vennero osservate occasionalmente anche nelle finestre dei tubi. La temperatura di combustione dei gas (specialmente idrogeno) è più elevata del punto di fusione della roccia lavica, e in alcune finestre vennero osservate tracce di rifusione.

Per contro, nei tratti di tubo distanti dalle aperture, non esposti all'aria, l'atmosfera era povera di ossigeno e di conseguenza venivano a mancare i fenomeni di combustione. Poiché tuttavia all'interno dei tubi si può notare la presenza dello smalto vetroso e delle stalattiti di lava anche a una certa distanza dalle aperture, bisogna supporre che alla loro formazione concorrono cause diverse dalla combustione dei gas; noi riteniamo che una spiegazione accettabile vada ricercata nella parziale rifusione dovuta alla lunga esposizione al calore sprigionato dalla lava in movimento.

A volte, quando la lava precipitava da un tubo più elevato in uno più profondo, si formavano spettacolari cascate sotterranee. Ciò accadeva quando un tubo di recente formazione raggiungeva una finestra aperta in un tubo preesistente, oppure quando la volta di un tubo sottostante, indebolita, cedeva sotto il peso della lava contenuta nel tubo superiore; queste cascate potevano raggiungere anche un'altezza di 10 m. Esse vennero osservate con maggior frequenza nella rete dei tubi in prossimità delle bocche eruttive, probabilmente perché in quella zona la rete era molto più intricata che altrove. Appunto nella zona eruttiva, a intervalli di parecchie settimane, riappariva saltuariamente una cascata di dimensioni ragguardevoli. Cruikshank e Wood (1972, fig. 11) riportano la fotografia di una tipica cascata sotterranea di lava.

I vortici e gli spruzzi delle colate, prima e dopo che queste venissero occultate sotto una volta, provocavano la formazione e l'accumulo di prodotti singolari, denominati *capelli di Pele* (3). Rapide e cascate di lava rappresentavano zone particolarmente favorevoli alla formazione dei capelli: essi sono costituiti da vetro vulcanico, sottoposto a brusco raffreddamento in forme sottili e allungate, che si forma quando vengono scagliate in aria gocce di lava fusa. L'attrito della goccia di lava a contatto con l'aria genera minuscole quantità di liquido allungate in sottili filamenti a guisa di capelli, che si vetrificano rapidamente. Questi filamenti sono talmente leggeri che vengono sollevati dal più lieve alito di vento e trasportati anche a distanze superiori ai 10 km. Naturalmente, però, la maggior parte del materiale rimane in prossimità del luogo d'origine e nelle vicinanze delle finestre, specie di quelle che si affacciavano su rapide e cascate, vennero rinvenuti spesso notevoli viluppi biondoscuri di *capelli di Pele*.

A volte notavamo che una corrente di lava in movimento tendeva a formare un tetto più in basso, al di sotto delle finestre. A distanza dalle

(3) Divinità hawaiana (n.d.t.).

aperture i tubi fornivano un isolamento termico tanto efficace, che la lava in movimento non subiva perdite di calore sufficienti per la formazione di una crosta; al massimo, alla sua superficie, si formavano tracce di scorie. Tuttavia le finestre provocavano una dispersione di calore nell'aria, cosicché la superficie della lava in movimento veniva ricoperta da una crosta alla stessa maniera che nelle colate superficiali. Se il livello della lava si manteneva costante o diminuiva molto lentamente con il passare dei giorni, sulla corrente in movimento si formava una volta completa che, al di sotto della finestra, assumeva l'aspetto di un pavimento. Qualche volta questi tetti di nuova formazione cedevano, dando luogo all'apertura di nuove finestre che consentivano di osservare la lava che vi scorreva sotto; in altri casi ripetuti rigurgiti di lava travolgevano il nuovo pavimento distruggendolo. In qualche finestra il processo di copertura si andava ripetendo a livelli sempre più profondi, in modo da provocare la formazione di tubi a tre e anche a quattro livelli di scorrimento. Noi osservammo la formazione di questi tetti multipli solo nei punti in cui la lava aveva la possibilità di raffreddarsi agevolmente, e potremmo constatare la presenza di lava fusa sia a monte che a valle rispetto al tetto più profondo: riteniamo quindi che i tetti interni si formino specialmente in corrispondenza delle finestre. Questa caratteristica contrasta con gli strati multipli dei tubi anastomizzati, osservati presso le bocche eruttive, dove sistemi completamente nuovi di piccoli tubi si formavano in strati successivi di nuova lava, apparentemente senza alcun collegamento tra di loro.

Formazione delle finestre.

Dopo la sua formazione, un tubo di lava attivo non sembrava mai seguire un comportamento standardizzato. La morfologia del tubo continuava a subire modifiche, e ad ogni nostra visita successiva mostrava aspetti nuovi e diversi. Uno dei cambiamenti più interessanti, e potenzialmente più pericolosi, in un sistema di tubi già operante, era rappresentato dalla formazione di nuove finestre. Queste aperture derivavano dal cedimento della volta che ricopriva i tubi di lava in attività.

Il crollo può essere causato da diversi e svariati fattori, che intervengono separatamente o in concomitanza; per esempio: dalla base della volta possono staccarsi blocchi di sostegno, i sostegni della volta possono essere parzialmente rifusi, il tubo può svuotarsi per erosione o la parte superiore della volta può contrarsi durante il raffreddamento. L'ampiezza iniziale delle finestre poteva essere limitata a poche decine di cm., ma

in seguito a cedimenti successivi la maggior parte di esse raggiungeva alcuni metri di larghezza, e alcune erano lunghe fino a 20 m.

Le finestre rappresentavano gli unici punti di osservazione dell'attività all'interno dei tubi. Sebbene le finestre esistenti tornassero molto utili, i rischi che si affrontavano lungo i tubi di lava erano veramente elevati, poiché non era facile individuare i potenziali punti di collasso. Noi eravamo costretti ad avvicinarci al percorso dei tubi di lava con la massima prudenza, e la scoperta di nuove finestre in punti sui quali avevamo ripetutamente camminato era sempre sconcertante! Con l'esperienza imparammo a individuare le zone di potenziale pericolo: i canali ben definiti, provvisti di solidi pavimenti, che consentivano di procedere più agevolmente, in genere non erano altro che la volta di tubi sottostanti. Il suono provocato sul suolo dai nostri passi forniva un altro importante indizio circa la sua stabilità: un suono di vuoto significava pericolo! In zone distanti parecchi km. dall'eruzione, un improvviso innalzamento della temperatura del piano di calpestio, o nuove chiazze di zolfo sublimato, indicavano spesso che la volta di un tubo sottostante era in procinto di cedere.

Le finestre aperte sui tubi in attività erano facilmente riconoscibili a distanza in quanto emettevano un alto pennacchio di aria calda: le emissioni di fumo erano del tutto irrilevanti; il pennacchio caldo consentiva invece, quasi esclusivamente, di aria fortemente rifrangente, una specie di miraggio concentrato. Questi sbuffi di calore, a volte, erano visibili a più di un km. di distanza e ci guidavano, come un faro, alla volta delle finestre. Gli Alisei costanti, che soffiano normalmente ad Hawaii, erano particolarmente importanti in quanto ci consentivano di fare le nostre osservazioni anche in finestre caldissime. La colonna di calore che si sprigionava da esse era sempre diretta sottovento, e quindi, potevamo avvicinarci alla finestra a brevissima distanza dal lato sopravvento. Tuttavia, quando il tempo era variabile, dovevamo adottare particolari precauzioni, in quanto improvvisi cambiamenti nella direzione del vento potevano avviluppare i geologi troppo curiosi in soffocanti volute di gas e aria rovente. Più di una volta ci ritirammo con barbe, sopracciglia e capelli strinati a causa di capricciose folate di vento.

Le finestre consentivano di eseguire, sulla lava in movimento, diverse osservazioni. Quando lungo lo stesso tubo si aprivano diverse finestre a poche decine di metri l'una dall'altra, dalla finestra a monte noi gettavamo sulla lava rami e ciocchi di legno stagionato, e misuravamo il tempo impiegato da questi a raggiungere la finestra successiva; con questo sistema furono misurate velocità oscillanti da 1 fino a 6 km/h.

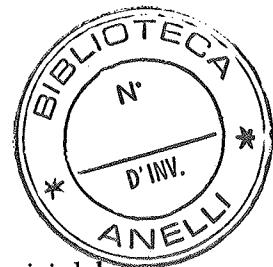
La penuria di ossigeno all'interno dei tubi — tranne che in prossimità delle finestre — consentiva al legno di resistere a temperature dell'ordine di 1150-1160°C per un tempo sorprendentemente lungo, e riuscimmo a individuare pezzi di legno che avevano viaggiato per distanze addirittura superiori ai 100 m. sulla lava incandescente, dal punto in cui erano stati gettati nel tubo.

Le finestre consentivano anche di prelevare campioni di lava per l'analisi chimica, direttamente dal fiume incandescente, e permettevano di misurare la temperatura della superficie mediante pirometri ottici. La lava prelevata a distanze crescenti dalle bocche eruttive presentava una progressiva perdita di gas, e quando raggiungeva l'Oceano buona parte del contenuto gassoso era già stato liberato (Swanson e Fabbri, 1973). Di contro, essendo i tubi dei formidabili coibenti, le temperature si abbassavano di soli 10-20°C su distanze superiori ai 10 km. (Swanson, 1973).

Conseguenze del movimento protratto per lungo tempo.

Un problema che ha destato il massimo interesse in tutto il mondo, nello studio dei tubi di lava, riguarda la capacità delle masse, che scorrono all'interno dei tubi, di erodere i loro alvei. Le osservazioni all'interno dei tubi in attività dovrebbero fornire indizi significativi per la soluzione di questo problema, ma neppure le osservazioni sistematiche hanno prodotto prove inconfutabili. A causa dell'opacità della lava, le pareti e gli alvei dei canali restavano preclusi all'osservazione diretta, e a causa dell'elevata temperatura e dell'alta viscosità delle colate in movimento non ci fu possibile scandagliare la profondità, o determinare la sezione della parte sommersa del canale; pertanto non ci è stato possibile documentare la profondità o la sezione dei tubi lavici al momento delle osservazioni iniziali attraverso le finestre. Nelle osservazioni iniziali la superficie delle colate, in alcuni tubi, si trovava ad appena 1-3 m. al di sotto del margine della finestra; il livello si abbassava poi progressivamente (a parte alcune oscillazioni di breve durata) in periodi misurabili in mesi, e sotto alcune aperture raggiungeva persino profondità di 13 m. Questo abbassamento del livello ci indusse fortemente a ritenere che la corrente avesse eroato il proprio alveo ma, naturalmente, mancando indicazioni concrete sulla profondità iniziale del canale, questa supposizione rimane opinabile.

Nonostante questa incertezza, diverse considerazioni ci fanno propendere per l'ipotesi dell'erosione: se l'abbassamento del livello della colata non era provocato dall'erosione dell'alveo del canale, la portata



del flusso avrebbe dovuto diminuire progressivamente e colate originalmente profonde sarebbero divenute gradualmente più sottili. Ciò significherebbe che il tubo, al momento della prima osservazione, avrebbe convogliato un flusso di lava ininterrotto di portata 10-15 volte superiore a quella successiva all'abbassamento del livello. Tuttavia le nostre osservazioni indicano che le colate superficiali, alimentate dal sistema dei tubi, mantennero una rata di espandimento praticamente costante per tutto questo periodo, nonostante le occasionali fluttuazioni. Aggiungiamo anche che, se non interveniva l'erosione dell'alveo nei primi stadi della formazione del tubo, la volta si sarebbe formata su un canale ampio e profondo che avrebbe mantenuto una portata elevata durante tutta la fase di ricopertura: nessuno dei tubi dei quali osservammo la formazione mostrò indizi che il canale in via di ricoprimento avesse una grande ampiezza e profondità. Infatti nessuno dei numerosi canali da noi osservati, che venissero successivamente ricoperti o meno, era profondo più di 5 m., e il più profondo di questi si formò soltanto in prossimità delle bocche durante le forti manifestazioni di fontane di lava del 1969. Queste osservazioni concordano con quelle di Macdonald (1954, pag. 171), Macdonald e Eaton (1964, pagg. 96-97) e Finch (1943), ognuno dei quali conviene che la maggior parte dei canali di lava pahoehoe sia inizialmente poco profonda. In virtù di queste considerazioni siamo indotti a ritenere che l'abbassamento progressivo del livello debba essere imputato a cause indipendenti dalla diminuzione della portata.

Un aspetto più facilmente documentabile della continuazione del flusso all'interno dei tubi, era rappresentato dal fatto che la lava si allontanava di parecchi km. dal luogo di origine, subendo una lievissima perdita di calore: la lava che scaturiva dai tubi era fortemente degassata, ma conservava il suo aspetto pahoehoe. Scorrendo attraverso i tubi fino a 12 km. di distanza, la lava pahoehoe si riversò nell'Oceano, presso l'antico villaggio hawaiano di Kelakomo, dall'8 marzo fino alla metà del maggio 1971. Ne seguì un violento scontro tra la nuova lava e le onde battenti, e l'afflusso continuo di lava conseguì una temporanea vittoria, sicché nell'Oceano si allargò un nuovo delta di pahoehoe. La parte subaerea di questo delta si estese per circa 2 km. di larghezza e superò di oltre 400 m. la linea costiera preesistente; la superficie dell'isola venne così ampliata di quasi mezzo milione di mq. I campi costieri di pahoehoe poterono formarsi soltanto mediante il meccanismo dei tubi di lava, e ciò dimostra che i tubi hanno avuto una parte importantissima nella formazione delle isole vulcaniche dell'arcipelago di Hawaii.

Morfologia interna dei tubi di lava.

Fu necessario attendere i primi mesi del 1972, affinché i tubi lavici del 1970-71 si raffreddassero al punto da consentire l'accesso, e per osservare la loro morfologia interna vi fu effettuata una sola esplorazione, prima che le colate della nuova eruzione 1972 ne occludessero le aperture. Pertanto non ci fu possibile fare un'esplorazione sistematica del loro interno, ma in linea di massima la morfologia da noi osservata coincide con quella descritta per altri tubi lavici.

Le pareti e le volte dei tubi lavici sono generalmente arcuate, e questa forma conferisce loro una grandissima stabilità. Il pavimento è relativamente pianeggiante, e la sua superficie rispecchia grosso modo l'aspetto dell'ultimo afflusso fluido all'interno del tubo; tuttavia i pavimenti di alcuni tubi hanno un aspetto molto irregolare, molto simile alla superficie delle colate subaeree. Anche le pareti e le volte presentano molte irregolarità; i tubi da noi esplorati variavano da 2 a 8 m. in larghezza e da 1,5 a 4 m. in altezza, ma avevamo osservato parecchi tubi molto più ampi, durante il loro periodo di attività. Il più grande da noi osservato presentava una larghezza misurata di 30 m. e un'altezza stimata di 13 m.; un crollo e la successiva obliterazione da parte di colate più recenti ci impedirono uno studio più accurato di questo grande tubo.

Anche se condotte in maniera superficiale, le nostre ricerche rivelarono comunque alcuni aspetti interessanti: nelle finestre da noi esaminate, la volta e la parte superiore delle pareti si presentavano di un rosso brillante, che stava a indicare energiche reazioni di ossidazione; durante il lungo periodo di attività e di raffreddamento, la grande concentrazione di calore nelle aperture e la continua alimentazione con ossigeno atmosferico facilitavano i processi di ossidazione. Il colore rosso scompariva a pochi metri di distanza dalle aperture, verso l'interno del tubo, dove la presenza di ossigeno era trascurabile anche se la temperatura presentava gli stessi valori e le pareti assumevano il normale colore grigio scuro dei basalti.

Numerose stalattiti di lava, lunghe alcune decine di cm., pendono dalla volta arcuata dei tubi in corrispondenza delle finestre; esse hanno un aspetto massiccio e venne osservata la loro formazione allorquando spruzzi di lava fusa, provenienti dalla colata, raggiungevano la volta del tubo e poi scolavano giù. Anch'esse sono colorate in rosso per via dell'ossidazione, come la roccia dalla quale pendono.

Nelle parti interne dei tubi lavici, da un sottile rivestimento vetroso della volta, pendono lunghe e sottili stalattiti, estremamente fragili; il

loro diametro supera difficilmente il centimetro, ed hanno un aspetto generalmente contorto, che riflette il loro complesso meccanismo di formazione. Esse trassero origine dalla vernice viscosa che ricopriva la volta e gocciolava lentamente verso il basso; infatti alcune di queste stalattiti pendono in corrispondenza di stalagmiti che si innalzano dal pavimento, proprio come nelle cavità carsiche. L'estremità inferiore di molte stalattiti si presenta incurvata in direzione dell'apertura più vicina, probabilmente a causa della corrente provocata dal calore e dai gas che si espandevano dall'interno del tubo attraverso la finestra. Jaggar (1931) osservò alcune stalattiti di questo tipo in tubi della colata del 1919, nella caldera del Kilauea, e le definì « *stalattiti vermiformi* » (worm stalactites); la descrizione che egli ne ha dato rimane tuttora valida: « *Se prendiamo una stalattite vermiforme e la esaminiamo con la lente di ingrandimento, vediamo che il suo rivestimento esterno presenta un delicatissimo ricamo increspato in una matrice argentea di magnetite; spezzandola, il suo interno rivela dei vacuoli rivestiti di cristalli di feldspato e augite; se la osserviamo in sezione sottile, essa si presenta cristallina, ma con tessitura differente da quella del basalto cristallino. Se spezziamo una stalattite di forma allungata, essa può presentarsi vuota all'interno, come un tubo... Queste stalattiti raggiungono talvolta la lunghezza di due piedi* » (Jaggar, 1931, pag. 3).

Conclusioni.

Le nostre osservazioni sulla formazione dei tubi di lava del 1970-71 contrastano in molti punti con l'ipotesi di Ollier e Brown (1965) sull'origine dei tubi lavici, ma trovano riscontro nelle idee di Wentworth e Macdonald (1953), Greeley (1971) e Cruikshank e Wood (1972). Nelle pareti dei tubi del 1970-71 si nota una *layered lava* simile a quella descritta e discussa da Ollier e Brown (1965), ma le nostre osservazioni sullo scorrimento e la solidificazione della lava indicano che questa lava stratificata è il prodotto di successive colate sottili con zone vesicolate all'interno delle unità di scorrimento, piuttosto che della suddivisione interna di potenti colate, ipotizzata da Ollier e Brown. In breve, le osservazioni nostre e degli altri, durante la formazione dei tubi lavici hawaiani, mostrano in maniera esauriente che i grandi tubi traggono origine da colate superficiali e da protrusioni fluide di lava pahoehoe.

Per lungo tempo i tubi lavici sono stati considerati come un aspetto singolare e curioso della lava pahoehoe; le osservazioni sulla formazione

e il funzionamento dei tubi sul vulcano Kilauea, durante il 1970-71, dimostrano invece che essi rappresentano qualcosa di più che semplici curiosità morfologiche. Essi rappresentano uno dei più importanti fattori grazie ai quali le lava hawaiane possono raggiungere zone distanti dalle bocche eruttive; e in effetti, un flusso continuo all'interno dei tubi lavici può essere considerato un fattore determinante per spiegare l'esistenza dei dolci pendii che si riscontrano sui vulcani-scudo basaltici.

Ringraziamenti.

Ringraziamo il personale dell'Osservatorio Vulcanologico Hawaiano per la preziosa collaborazione prestataci durante i sopralluoghi all'eruzione del Mauna Ulu. In particolare esprimiamo il nostro apprezzamento per le osservazioni e i dibattiti sui tubi lavici, avuti nel 1970 e 71, con W. A. Duffield, D. B. Jackson e J. B. Judd, dipendenti dell'Osservatorio, e con molti visitatori, in particolare D. P. Cruikshank. Ulteriori fruttuose discussioni furono tenute con R. L. Christiansen, R. T. Holcomb e R. I. Tilling, dipendenti dell'Osservatorio, durante le ricerche sul sistema dei tubi nel 1972. La revisione critica del manoscritto è stata curata con profitto da R. I. Tilling, K. A. Howard e R. T. Holcomb.

Il Gruppo Grotte Catania della Sezione Etna del Club Alpino Italiano ringrazia a sua volta il Dr. A.J. Sutcliffe, editore della rivista Studies in Speleology, che ha pubblicato il lavoro originale nel 1974, per averne consentito la traduzione e la ristampa in lingua italiana in occasione del Seminario sulle Grotte Laviche.

BIBLIOGRAFIA

- Cruikshank D. P., Morrison D. & Lennon K., 1973: *Volcanic gases: hydrogen burning at Kilauea Volcano, Hawaii*; Science, L182, 277-279.
- Cruikshank D. P. & Wood C. A., 1972: *Lunar rilles and Hawaiian volcanic features: possible analogues*. Moon, 3, 412-447.
- Finch R. H., 1953: *Lava rivers and their channels*. Volc. Lett., Hawaii Volc. Res. Ass., 482, 1-2.
- Greeley R., 1971: *Observations of actively forming lava tubes and associated structures, Hawaii*. Mod. Geol., 2; 207-223.
- Greeley R., 1972: *Additional observations of actively forming lava tubes and associated structures, Hawaii*. Mod. Geol., 3; 157-160.
- Jaggar T. A., 1931: *Lava stalactites, stalagmites, toes, and « squeeze-ups »*. Volc. Lett., Hawaii Volc. Res. Ass., 345; 1-3.
- Macdonald G. A., 1953a: *Pahoehoe, aa, and block lava*. Am. J. Sci., 251; 169-191.
- Macdonald G. A., 1953b: *Activity of Hawaiian volcanoes during the years 1940-50*. Bull. Volcan., 15; 119-179.
- Macdonald G. A. & Eaton J. P., 1964: *Hawaiian volcanoes during 1955*. Bull. U.S. geol. Surv., 1171; 1-170.
- Moore J. G. & al., 1973: *Flow of lava into the sea, 1969-1971, Kilauea Volcano, Hawaii*. Bull. geol. Soc. Am., 84; 615-626.
- Ollier C. D. & Brown M. C., 1965: *Lava caves of Victoria*. Bull. volcan. 28; 215-229.
- Swanson D. A., 1972: *Magma supply rate of Kilauea Volcano, 1952-1971*. Science, 175; 169-170.
- Swanson D. A., 1973: *Pahoehoe flows from the 1969-71 Mauna Ulu eruption, Kilauea Volcano, Hawaii*. Bull. geol. Soc. Am., 84; 615-626.
- Swanson D. A. & Fabbri B. P., 1973: *Loss of volatiles during fountaining and flowage of basaltic lava at Kilauea Volcano, Hawaii*. J. Res. U.S. geol. Surv., 1; 649-658.
- Swanson D. A. & Peterson D. W., 1972: *Partial draining and crustal subsidence of Alae lava lake, Kilauea Volcano, Hawaii*. Prof. Pap. U.S. geol. Surv., 800-C; 1-14.
- Swanson D. A. & al., 1971: *Mauna Ulu eruption, Kilauea Volcano, Hawaii*. Geotimes, 16; 12-16.
- Swanson D. A. & al., 1972: *The complex filling of Alae crater, Kilauea Volcano, in Hawaii*. Bull. volcan. 36; 105-126.
- Wentworth C. K. & Macdonald C. A., 1953: *Structures and forms of basaltic rocks in Hawaii*. Bull. U.S. geol. Surv., 944; 1-90.

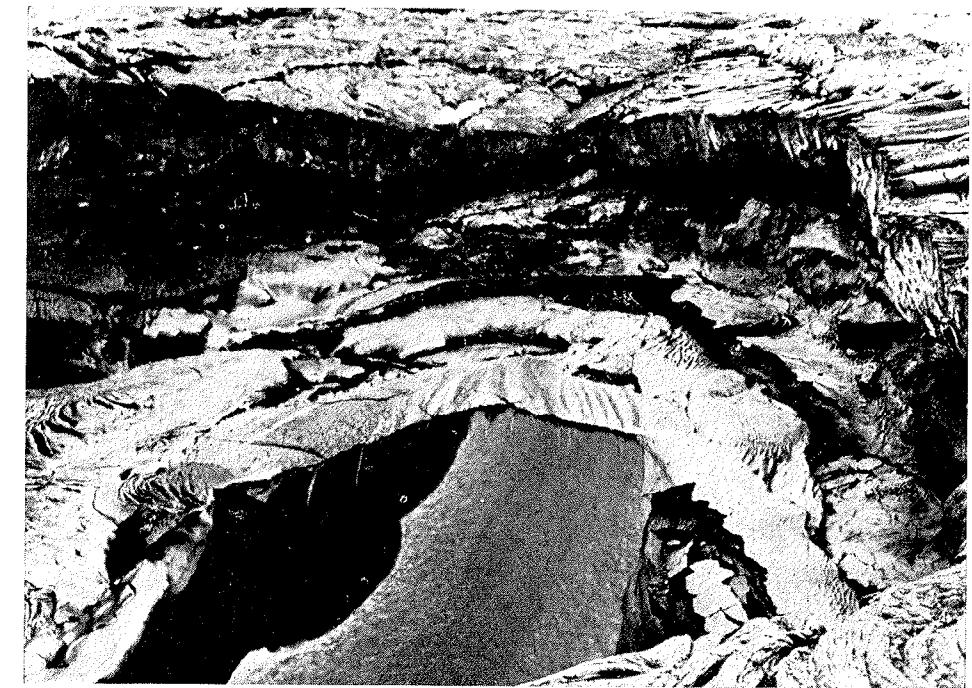
COMPORTAMENTO DELLE LAVE DEL KILAUEA DURANTE L'ERUZIONE



Una crosta di lava galleggia sulla superficie della lava fluida all'interno di un canale. Nell'angolo a destra in basso si noti la lava che scompare sotto una crosta solida già ancorata alle pareti del canale.



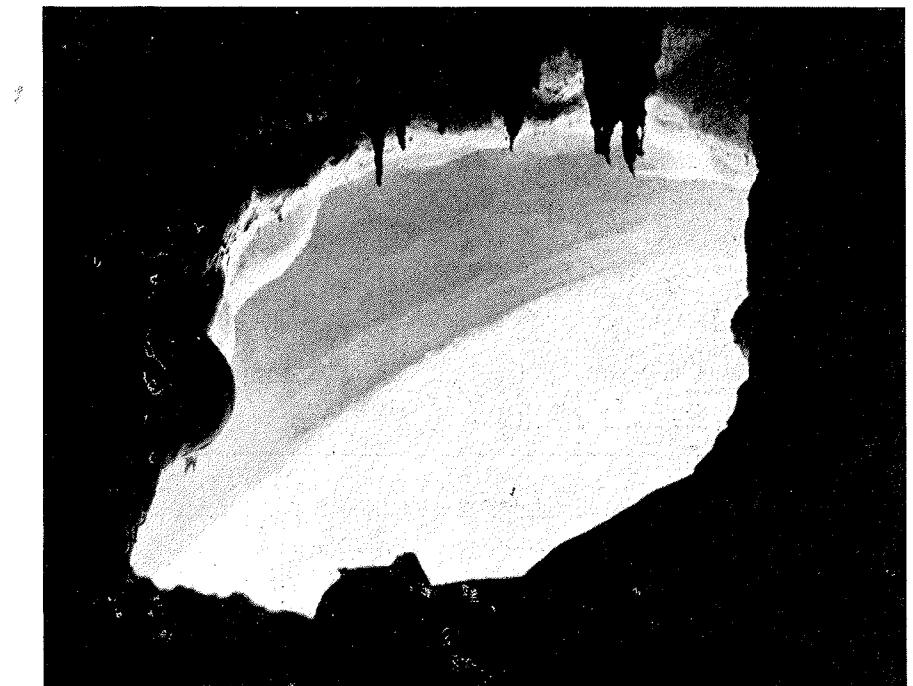
Un ampio fiume di lava pahoehoe scaturisce da sotto una crosta in via di solidificazione.



Occasionali crolli della volta che ricopre i canali consentono di osservare come la lava continui a fluire all'interno, ad un livello sempre più basso.



Il fiume di lava all'interno del canale è quasi interamente ricoperto da una crosta di solidificazione. (Foto: M. M. Mazzoni)



Lo spettacolo all'interno di un tubo di lava, osservato attraverso una finestra, somigliava a una scena dell'ultimo cerchio dell'inferno... (si osservino le stalattiti

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.*

*Catania, 1977
pagg. 149/158*

Cliff D. Ollier (*)

LAVA CAVES, LAVA CHANNELS AND LAYERED LAVA



Sottili stalattiti di lava all'interno di un tubo a Sud del lago Alae Crater.

RIASSUNTO — In seguito ad una campagna di ricerche sulle grotte del Victoria, Ollier e Brown pervennero alla formulazione della loro teoria sulla formazione delle grotte laviche, pubblicata nel 1965. Essa venne generalmente accettata, ma recentemente è stata attaccata da alcuni Autori, in seguito a erronee interpretazioni.

Esistono vari tipi di grotte laviche, originati in vari modi, ma la teoria di Ollier e Brown si applica alle cavità di dimensioni maggiori: la formazione di parecchie cavità, esistenti in diverse parti del mondo, può essere spiegata solo applicando questa teoria.

Vengono aggiunti nuovi elementi deduttivi a sostegno della teoria e vengono infine esaminate diverse teorie speleogenetiche, giungendo alla conclusione che nessuna di esse, in generale, esclude l'ipotesi genetica di Ollier e Brown, ma anzi alcune la confermano e la rafforzano.

SUMMARY — Following a research campaign on Victoria's lava caves Ollier & Brown came to the formulation of their theory on the origin of lava tube caves, published in 1965. It was usually accepted, however recently it has been attacked by some authors in consequence of misunderstandings.

There are several types of lava caves, with different origins, but Ollier & Brown's theory applies to larger cavities: the formation of several lava tube caves existing in different parts of the world, can be explained only by applying this theory.

New deductive elements are added to support the theory. Different speleogenetic theories are examined coming to the conclusion that generally none of them excludes Ollier & Brown's genetic hypothesis, but actually confirms and enforces it.

(*) The Australian National University, the Research School of Pacific Studies, Canberra.

In the early 1960s I worked with several colleagues on an investigation of the lava caves of Victoria, and in 1965 the Ollier and Brown theory of lava cave formation was published. It was received by the scientific world with marked disinterest, and only later when the Moon exploration programme started a search for terrestrial analogues of lunar landscape features did lava caves gain widespread interest. Lava caves (if unroofed) and lava channels could be analogues of lunar rilles. Through the period of increasing knowledge about lava caves the Ollier and Brown theory remained generally accepted, with minor modifications, but recently the theory has been attacked by Wood (1971, 1974) and by Peterson and Swanson (1974). The time has come for me to review the theory, and explain how I think it fits in with new knowledge and new criticisms.

Varieties of lava cave.

There are several kinds of volcanic cave, of which the following are relevant to this article:

1. Minor partings and tubes, little more than super-vesicles.
2. Drained pahoehoe toes or flow units.
3. Caves formed by roofing over of initially open lava channels.
4. Subcrustal lava caves (for want of a better name) with lengths measured in hundreds of metres, arcuate roofs, and not associated directly with channels.

The Ollier and Brown theory is concerned with type 4, and the authors reached their ideas from a consideration of much detailed field evidence, including the following significant features.

1. The lava tubes are often partly of circular cross section: the original tubes were circular in cross section and the ultimate shape of the tunnel depends on how much lava is drained out.
2. Many lava caves are under a flat-topped flow (as at Byaduk).
3. The lava surrounding the cave is divided by partings into layers to make *layered-lava*: the layers are parallel to the flow surface, approximately horizontal, and not concentric around the lava tube.
4. The diameter of the tubes is many times greater than the thickness of the layers.
5. Various minor features such as the cave lining, domes whose formation depends on hydrostatic pressure, and occasional undrained tunnels indicate that at one stage the tubes were completely full of lava.

Consideration of these points led Ollier and Brown to interpret the discordant contact between the tubes and the layers as an erosional feature. If the lava in the tubes erodes the layers, the layers must be there first, so it is postulated that liquid lava comes to occupy tubes running through the layered-lava, and eventually is concentrated in a few major conduits. These are a continuing source of heat and the hot liquid contents melt and erode earlier layered-lava. The end results are cylinders of liquid lava flowing through tubes cut in virtually solid layered-lava. If the liquid lava is then drained away a cave of type 4 will be formed.

Some misconceptions

Some criticism of the Ollier and Brown theory is based on misconceptions.

For example, Peterson and Swanson (1974) « *saw no evidence to support the currently fashionable proposal by Ollier and Brown (1965) that lava tubes are the result of internal shearing of thick flows* ». Ollier and Brown never thought that **lava tubes** result from shearing of flows, but only invoke shearing to produce layered-lava.

Wood (1974) also talks of « *Another objection to the theory of lava tube genesis by means of shear plane development...* ». He states that the Ollier and Brown hypothesis hinges upon the concept of laminar flow and the development of shear planes. This is not so: the hypothesis maintains that the caves are essentially formed after the layering, but whether the layers are shearing plane layers or flow units does not make any difference. In fact since 1965 my own further investigations of Victorian lava caves have revealed both shearing layered-lava and flow units, and the circular caves cut across both.

Lava caves and lava channels

Lava channels (known as canals in Victoria) are elongate depressions bounded by levees and mark the actual course of a lava river between banks of solidified lava that is built up itself by accretion and overspill. The formation of lava caves associated with channels has been observed in many places.

Greeley and Hyde (1971) found some tubes in the Mount St. Helens area, Washington, were formed by accretion of spatter, leading to arched levees and eventually a complete roof. The same process was described

from Hawaii by Greeley (1971). Also from Hawaii Wentworth and Macdonald (1953) describe how near the vent a flow may be confined to a narrow channel, spattering and overflow build up levees, and a roof may be formed by the jamming of crustal slabs across the lava river. Waters (1960) also mentions how « *Some lava tubes are underground continuations of lava rivers that emerge from vents, pour down steep slopes, and gradually crust over and disappear into the flows they feed* ». But what happens inside the flows they feed? I think the lava still flows in distinct conduits of the Ollier and Brown type.

A similar process is recorded for lava tubes near the source vents by Peterson and Swanson (1974), who add the important process of the growth of stationary crusts directly on the flowing stream, both downstream from the point of emergence of the stream, and outward from the banks.

In Iceland Kjartansson (1949) observed a flow confined to a narrow channel, and noted how it crusted over partially, and as bits of crust were added to levees they grew together until they completely covered the channel. But this flow was extruded from beneath a flat crust: it would be interesting to know what sort of lava cave was being formed below that crust — would they be of the Ollier and Brown kind?

Of the Victorian lava caves, only Mt Eccles Gothic Cave appears to have formed by bridging a lava channel. It is a short bridge over a lava canal with well developed levees. Layers of lava are draped over inner and outer surfaces of the levees, so are undoubtedly flow units. Inside the cave layered-lava is very contorted by post-depositional folding, but none the less is eroded by the lava stream, and the lower part of the cave appears to be similar to other Victorian caves.

To the north is Mt. Eccles Tunnel Cave. This is on the flank of a lava channel but runs almost perpendicular to the direction of the channel: it appears to be a distributary, but has the intact semi-circular cross section and eroded layered-lava typical of the *normal* lava caves which were full of lava.

Layered-lava, flow units and pahoehoe toes.

An interesting feature associated with the study of lava caves has been an increasing interest in flow structures and flow mechanisms. As with the formation of lava caves there are several mechanisms, and the problem is to know to recognize them. Cliff and roadside exposures in Hawaii often reveal superimposed pahoehoe toes, some of which may be

over 1 m thick and contain small tubes. The toes are relatively narrow for their height, the caves are irregular in shape, and do not erode the toe boundaries.

Layered-lava was described by Ollier and Brown as compact basalt « *with vesicle trains and partings horizontally disposed. The layers do not represent successive flows, flow units or joints but are possibly shearing planes formed during flow just before solidification* ». These partings are commonly discontinuous, a feature which should not occur in a series of separate flows.

Separate, distinct flows are separated byropy, oxidised and irregular surfaces formed on the flow surfaces. I now think that I have found such flows (as well as layered-lava) associated with the Byaduk Caves in Victoria.

They are a few metres thick and were penecontemporaneous with cave formation.

Such flows grade into units as described by Nicholls (1936). These are virtually the same as pahoehoe toes, but relatively much wider. The formation of flow units is shown in Fig. 1, and it is seen that a succession of thin flow units may be extruded from the front of an advancing lava flow. But how does such a flow continue to advance? Each successive front has a few layers at the base, but as these are overtopped the flowing lava becomes confined to a higher level — a continuous course is developed, which becomes a line of continued heat supply, and where a lava cave might form. It is important to realize that a heap of flow units cannot simply be piled one upon the other like a stack of pancakes. For the lava flow to continue its advance there has to be at least one conduit going through or over the flow-units, all the way from the source to the front of the flow. When distances of several kilometres are involved it is unlikely that through-flow takes place in narrow flow units: more probably the lava travels through a major tube cut through earlier structures, as postulated by Ollier and Brown. It does not matter, for the Ollier and Brown hypothesis, whether the lava flow front advances by flow units or by caterpillar-track motion: in either case a dominant course of lava movement will eventually appear beneath the top crust, will form a lava tube, and if drained a lava cave.

Peterson and Swanson have observed advancing flow units in Hawaii. Lava emerged from a crusted flow, advanced a few hundred metres in open channels and changed to aa because of cooling and degassing. Meanwhile pahoehoe toes further upstream were extending themselves and lava channels were crusting over, so the tube system was lengthening

downstream. It encroached upon and covered the slightly older aa before it too would change to aa farther downslope. « *We observed this overriding process again and again as the tube system advanced southwards...* ».

Tubes and layered-lava (of whatever kind) commonly occur together. Wentworth and Macdonald (1953) record that « *in cross section a flow unit often consists of a large number of small, filled tubes* ». I have never seen such structures in Australia. Waters (1960) illustrates an example of large, filled lava tubes with radiating columnar joints, but in between noted « *slabs like roughly horizontal partings of the flow in which they are embedded* ». This sounds like the layered-lava described by Ollier and Brown.

Many pictures of structures in lava flows have been published and interpreted in various ways as layered-lava, flow units, slab-lava and so forth. At present our knowledge of such structures is incomplete and unsystematic, and I have seen many features that I cannot interpret. One of the next steps in cave study will be to codify and explain these flow structures. E. B. Joyce of Melbourne University has commenced such a study in Victoria.

The relationship between the Ollier and Brown hypothesis and other hypotheses.

Wood (1971, 1974) has provided a very good outline of the history of ideas on lava cave formation and I do not wish to repeat it here, but merely indicate how I think other hypotheses differ from that proposed by Ollier and Brown.

The simple idea of gas bubbles may be disregarded in relation to tunnels, though in the earlier account Ollier and Brown had to go to some trouble to explain this as Skeats and James (1937) had earlier invoked it to explain some features of Victorian caves.

The idea that caverns are formed by simply draining liquid lava from beneath a lid crust fails to explain many of the detailed features of caves, especially their cross sectional shape.

Ideas of crusting over of lava channels have been discussed already, and there is no doubt that caves may form by such a process. The Ollier and Brown hypothesis does not account for such caves, but only for those which were formed beneath a continuous flat crust, not in a channel.

Ideas of draining a pahoehoe toe have been considered already, and are of limited application. They do not apply to the caves which are larger than individual lobes or flow units.

Poli (1959, reported in Wood 1974) had a theory of cave formation with concentric layered-lava. This seems theoretically feasible, but it has not been found in Victoria where only one *lining* is found on cave roofs and walls.

In his explanation of the lava caves of Raufarhöllshellir Wood (1971) proposes a theory of draining both toes and flow units followed by coalescence of the resultant minor caves to make a bigger one. Such a cave should have an irregular cross section (as shown in Wood's Fig. 10), and is quite different from caves described by Ollier and Brown.

Peterson and Swanson concentrate their account of lava caves on the pahoehoe at the front and the lava channels near the source, but they say that on flat land where lava pooled and spread slowly « *the protecting crusts thickened, insulating the lava inside and permitting it to remain fluid and to reach the increasingly distant flow margin* ». In this they refute one of Wood's (1971) objections to the Ollier and Brown hypothesis « *that the liquid lava of Ollier and Brown must, during its passage through layered-lava, lose much of its heat and therefore its capacity to erode* ». For the lava to reach sites distant from the vent it is necessary for it to travel « *for most of the distance through lava tubes where high temperatures and fluidity are maintained* ». It is in such concealed lava tubes that the Ollier and Brown hypothesis is most likely to find application. Of course it is not possible, even when convenient skylights occur over a lava tube, to observe directly the depth or shape of lava tubes, but Peterson and Swanson (1974) believe that the evidence supports a hypothesis of channel erosion by the streaming lava. In this they support the Ollier and Brown hypothesis, though the layered-lava that they observed were thin flow units and zones of vesiculation.

Kermode (1970) presented a hypothesis for lava cave formation in which the observed layering in the surrounding basalt was attributed to thin levee overspills. A lava canal is then roofed over, after which a temporary increase in supply of lava, and therefore heat, engulfs previous forms and enlarges the diameter of the tube by thermal erosion, after which the tube is drained to make a cave. The fortuitous « *temporary increase in supply* » makes this a rather special case hypothesis, lacking the general application of the continuous process envisaged in the Ollier and Brown hypothesis and observed by Peterson and Swanson in the operation of established tubes.

The idea of a segregation of an active flow within solid to semi-solid surroundings is built into the model of speleogenesis by Macdonald (1967). His diagram indicates erosion at the base of the cylindrical flow and eventual lowering of the lava surface within the tube. He does not indicate the structure of the lava around the tube, but the hypothesis is similar to that of Ollier and Brown after the formation of layered-lava, except that Ollier and Brown postulate all-round erosion to account for the circular cross section that predominates among lava caves.

Conclusion

Lava caves can be formed in several ways. For those major lava caves where lava flows through conduits for a considerable time beneath a stabilized crust and erodes pre-existing volcanic structures, the Ollier and Brown hypothesis seems to be applicable. Peterson and Swanson (1974), far from refuting the hypothesis, have added considerable observational support in their section on the operation of established tubes. Whether layered-lava is made by laminar flow and shearing, or is made largely of flow units, is not sure. However the general contention that the layers are eroded by continued flow of hot lava through tubes is not affected by details of earlier formed structures.

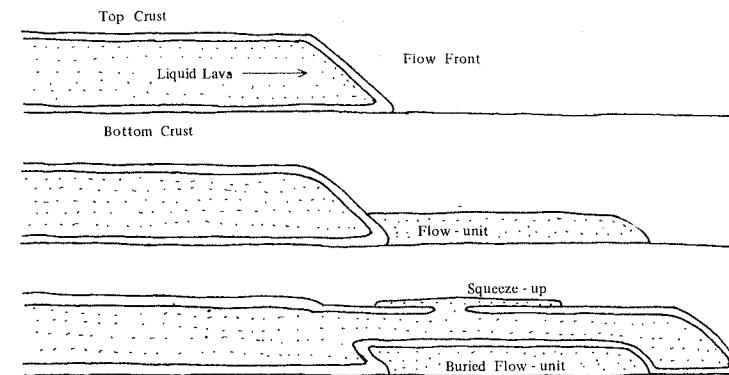
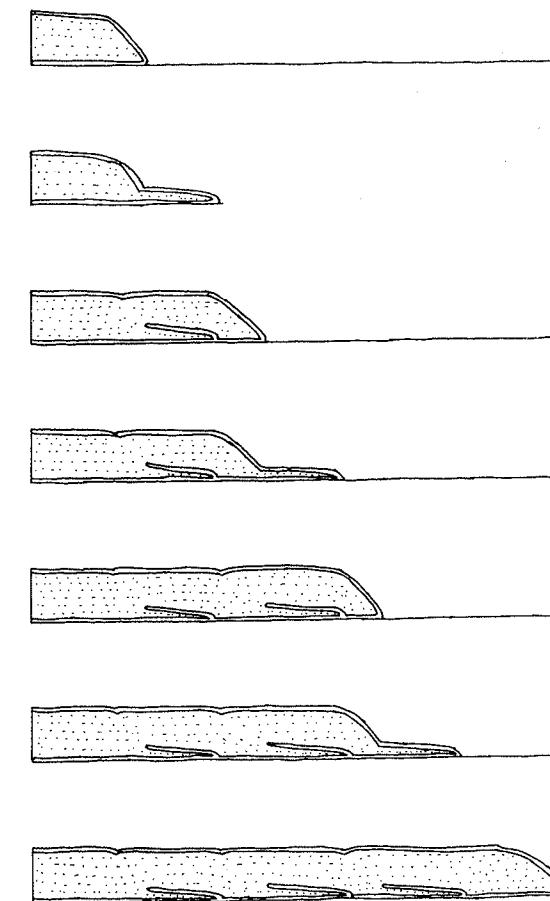


Fig. 1. (a) The formation of flow-units according to Nicholls (1936)

Fig. 1. (b) The continued formation and overtopping of flow units, to show how a major conduit is required to transmit lava from the source to the front of the flow.



REFERENCES

- Greeley R., 1971: *Observations of actively forming lava tubes and associated structures, Hawaii*. « Modern Geology », 2, 207-223.
- Greeley R. and Hyde J. H., 1971: *Lava tubes of the Cave Basalt, Mount St. Helens, Washington*. « NASA Tech. Memorandum », NASA TM X-62, 022, 33 pp.
- Kermode L., 1970: *Lava Caves, their origins and features*. « N.Z. Spel. Bull », 4, 441-465.
- Kjartansson G., 1949: *Nyr hell i'r i Hekluhrauni*. « Natturufraedingurinn », 19, 175-184.
- Macdonald G. A., 1967: *Extrusive basaltic rocks*, in « Basalts, the Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition ». Ed. H. H. Hess and A. Poldervaart, Interscience, New York, pp. 1-63.
- Nicholls R. L., 1936: *Flow units in basalt*. « J. Geol. », 44, 617-630.
- Ollier C. D. and Brown M. C., 1965: *Lava caves of Victoria*. « Bul. Volc. », 28, 215-229.
- Poli E., 1959: *Genesi e morfologia di alcune grotte dell'Etna*. « Boll. Soc. Geog. Italiana », 12, 452-463.
- Skeats E. W. and James A. V. G., 1937: *Basaltic Barriers and other surface features of the Newer Basalts of Western Victoria*. « Proc. Ro. Soc. Vict. », 49, 245-278.
- Waters A. C., 1960: *Determining direction of flow in basalts*. « Am. J. Sci. », 258A, 350-366.
- Wentworth C. K. and Macdonald G. A., 1953: *Structures and forms of basaltic rocks in Hawaii*. « Bull. U.S. Geol. Surv. », 994, 1-90.
- Wood C., 1971: *The nature and origin of Raufarhóllshellir*. « Trans. Cave Res. Grp. G. B. », 13, 245-256.
- Wood C., 1974: *The genesis and classification of lava tube caves*. « Trans. Brit. Cave Res. Ass. », 1, 15-28.

GROTTE LAVICHE, CANALI DI LAVA E « LAYERED LAVA »*⁽¹⁾

Introduzione.

All'inizio degli anni '60 ho lavorato con diversi colleghi ad una ricerca sulle grotte laviche del Victoria, e nel 1965 veniva pubblicata la teoria di Ollier e Brown sulla genesi delle grotte laviche. Essa venne accolta nell'ambiente scientifico con palese indifferenza; solo più tardi, quando il programma di esplorazione della Luna diede l'avvio alla ricerca sulla Terra di modelli analoghi alle caratteristiche morfologiche del paesaggio lunare, le grotte laviche sollecitarono il generale interesse. Le grotte laviche (se prive di volta) e i canali di lava, potrebbero rappresentare i modelli dei solchi lunari.

Durante il periodo in cui si andò approfondendo la conoscenza delle grotte laviche, la teoria di Ollier e Brown, sia pure con lievi modifiche, venne generalmente accettata, ma recentemente essa è stata attaccata da Wood (1971, 1974) e da Peterson e Swanson (1974). È giunto dunque il momento che io riveda tale teoria e spieghi, alla luce delle nuove conoscenze e delle nuove critiche, per quali motivi la ritengo sempre valida.

(*) Traduzione dall'inglese di Giuseppe M. Licitra.

(1) Letteralmente: « *lava a strati* ». Poiché la teoria di Ollier e Brown è altrettanto nota, nell'ambiente vulcano-speleologico, come teoria della *layered lava*, si è ritenuto opportuno mantenere, anche nella traduzione, la dizione originale (n.d.t.).

Tipi di grotte laviche.

Nelle lave esistono vari tipi di cavità; ai fini di questa comunicazione vanno considerati i seguenti tipi:

- 1) Tubi e soluzioni di continuità di piccole dimensioni, praticamente poco più che grosse bolle.
- 2) Lingue di lava pahoehoe e unità di scorimento svuotate internamente.
- 3) Grotte formate dal ricoprimento di canali di lava inizialmente scoperti.
- 4) Grotte laviche *sotterranee* (in mancanza di una definizione più appropriata) con lunghezze misurabili in centinaia di metri, volte arcuate, non direttamente associate a canali di lava.

La teoria di Ollier e Brown si riferisce al quarto tipo, e gli AA. vi pervennero in seguito ad accurate osservazioni sul terreno, con particolare riguardo alle seguenti caratteristiche significative:

1. I tubi di lava presentano spesso una sezione trasversale parzialmente circolare: i condotti avevano in origine una sezione trasversale circolare, ma la forma finale del tunnel dipende dalla quantità di lava che ne è defluita.
2. Molte grotte laviche si trovano al di sotto di una colata dal dorso appiattito (come a Byaduk).
3. La lava che racchiude la cavità è suddivisa in strati mediante soluzioni di continuità, che le conferiscono l'aspetto di *layered lava*: gli strati sono paralleli alla superficie della colata, più o meno orizzontali, e non concentrici rispetto al tubo di lava.
4. Il diametro dei tubi è sensibilmente maggiore dello spessore degli strati.
5. In un certo momento i tubi erano completamente pieni di lava, come è indicato da varie caratteristiche di minore importanza come il rivestimento della cavità, la presenza di rigonfiamenti dovuti alla pressione idrostatica e occasionali gallerie non svuotate.

In base a queste caratteristiche Ollier e Brown furono indotti a interpretare il contatto discordante tra gli strati e i tubi come il risultato di un'attività erosiva.

Se la lava che si trova nei tubi erode gli strati, essi debbono essere preesistenti: pertanto bisogna supporre che la lava liquida viene ad occupare degli spazi tubolari esistenti in seno alla *layered lava*, ed even-

tualmente si concentra in pochi condotti maggiori. Questi rappresentano un'inesauribile fonte di calore, e il liquido caldissimo in essi contenuto erode la *layered lava* preesistente. Ne consegue quindi che masse cilindriche di lava liquida scorrono all'interno di tubi in seno alla *layered lava* virtualmente solida. Se in seguito si verifica il drenaggio della lava liquida, si perviene alla formazione di una cavità del quarto tipo.

Alcune interpretazioni errate.

Alcune critiche alla teoria di Ollier e Brown sono dettate da erronee interpretazioni.

Per esempio, Peterson e Swanson (1974) dicono «...non abbiamo trovato alcuna prova a sostegno dell'elegante teoria di Ollier e Brown (1965), che sostiene che i tubi di lava traggono origine dalla differenziazione interna di colate laviche di notevole spessore». Ollier e Brown non hanno mai ritenuto che i **tubi di lava** fossero generati dalla differenziazione delle colate, ma soltanto ipotizzavano questa differenziazione per spiegare la genesi della *layered lava*.

Anche Wood (1974) parla di «*Un'altra obiezione alla teoria sulla genesi dei tubi lavici mediante la formazione di superfici di separazione...*» Egli ritiene che la teoria di Ollier e Brown sia basata sul concetto di flusso laminare e sulla formazione di superfici di separazione. Ciò è errato: nell'ipotesi si afferma che le cavità si formano essenzialmente dopo la formazione degli strati, ma decisamente non ha alcuna importanza che i banchi siano il risultato della suddivisione in strati di un'unica colata, ovvero rappresentino delle singole colate successive. Infatti, dopo il 1965, le mie successive ricerche nelle grotte laviche del Victoria hanno rivelato che le cavità a sezione circolare sono tagliate attraverso la lava a strati, separati da giunti, **ma anche** attraverso le unità di scorimento.

Grotte laviche e canali di lava.

I canali di lava sono depressioni di forma allungata, fiancheggiate da argini che delimitano il percorso effettivo di un fiume di lava tra banchi di lava solidificata, formatisi per aggiunte e traboccamimenti della lava stessa. La formazione delle grotte laviche associate ai canali è stata osservata in molti luoghi.

Greeley e Hyde (1971) trovarono che alcuni tubi nella zona di Mount St. Helens, Washington, si formarono per successive aggiunte di spruzzi

di lava che conferivano agli argini una forma sempre più arcuata, giungendo infine alla formazione di una volta completa. Lo stesso meccanismo fu descritto ad Hawaii da Greeley (1971). Sempre ad Hawaii, Wentworth e Macdonald (1953) osservano che una colata, in prossimità della bocca eruttiva, può essere confinata in uno stretto canale i cui argini vengono innalzati da spruzzi e traboccati, e che si può giungere alla formazione della volta in seguito alla saldatura di lastroni di crosta direttamente sulla superficie del flusso lavico. Anche Waters (1960) accenna che « *Alcuni tubi di lava rappresentano la continuazione sotterranea dei fiumi di lava che emergono dalle bocche, scorrono su ripidi pendii, si ricoprono gradualmente di una crosta solida e scompaiono all'interno delle colate che essi stessi alimentano* ».

Ma cosa accade all'interno delle colate alimentate in questa maniera? — Io ritengo che la lava continui a scorrere in condotti ben definiti, del tipo descritto da Ollier e Brown.

Un meccanismo simile, per i tubi lavici in prossimità delle bocche eruttive, è descritto da Peterson e Swanson (1974), i quali sottolineano anche l'importante fenomeno della formazione di croste fisse direttamente sulla corrente in movimento, sia verso valle a partire dal punto in cui emerge la lava, sia verso il filo della corrente a partire dalle sponde.

Kjartansson (1949) osservava in Islanda una colata confinata in uno stretto canale, e notava come essa venisse ricoperta parzialmente da una crosta solida; quando agli argini del canale si saldavano frammenti di tale crosta, essi cominciavano ad accrescere, fino a ricoprire il canale completamente. Ma questa colata sgorgava da sotto una crosta pianeggiante: sarebbe interessante sapere quale tipo di cavità lavica si stesse formando sotto quella crosta — si sarebbe trattato di una cavità sul tipo di quelle di Ollier e Brown?

Sembra che soltanto la Mt. Eccles Gothic Cave, tra le grotte laviche del Victoria, abbia avuto origine dal ricoprimento di un canale di lava; si tratta di un fragile ponte sopra un canale dagli argini ben sviluppati. I banchi di lava sono modellati sulle superfici interne ed esterne degli argini, per cui si tratta indubbiamente di unità di scorrimento. All'interno della cavità la *layered lava* si presenta sensibilmente contorta per movimenti successivi alla sua deposizione, ma nessuno strato presenta la minima traccia di erosione ad opera della corrente lavica, e la parte più bassa della cavità si presenta simile alle altre grotte del Victoria.

Più a Nord si trova la Mt. Eccles Tunnel Cave. Essa si apre sul fianco di un canale di lava, e giace in direzione quasi perpendicolare alla direzione di questo; la cavità ha tutto l'aspetto di una diramazione, ma

conserva intatta la sezione trasversale semicircolare e i segni di erosione nella *layered lava*, tipici delle grotte laviche « normali », la cui sezione era interamente occupata dalla lava in movimento.

« *Layered lava* », unità di scorrimento e lingue pahoehoe.

Un particolare interessante nello studio delle grotte laviche è dato dall'interesse crescente per la struttura delle colate e per il meccanismo di scorrimento. I meccanismi che governano la formazione delle grotte laviche sono diversi, e il problema consiste nel distinguerli. Ad Hawaii scarpate e trincee stradali rivelano spesso l'esistenza di lingue pahoehoe sovrapposte, alcune delle quali oltrepassano lo spessore di un metro e contengono piccoli tubi. Rispetto al loro spessore le lingue si presentano relativamente strette, le cavità hanno forma irregolare e, nella lava circonstante, non si notano segni di erosione.

La *layered lava* venne descritta da Ollier e Brown come basalto massiccio « *con serie di vescicole e superfici di separazione disposte orizzontalmente. Gli strati non rappresentano colate successive, unità di scorrimento o letti, ma sono possibilmente banchi separati, formatisi durante lo scorrimento, poco prima della solidificazione* ». In linea di massima queste separazioni si presentano discontinue, e questo particolare non dovrebbe trovare riscontro in una serie di colate differenti.

Le colate differenti e successive sono separate l'una dall'altra da una serie di superfici scoriaee, ossidate e irregolari, formatesi sopra ogni singola colata. Ritengo di avere scoperto recentemente tali colate (associate con la *layered lava*) nelle Byaduk Caves, nel Victoria. Esse presentano uno spessore di pochi metri e dovettero essere più o meno contemporanee alla formazione delle cavità.

Come è descritto da Nicholls (1936), queste colate passano gradualmente a unità di scorrimento. Esse corrispondono in teoria alle lingue pahoehoe, ma sono relativamente più larghe. La formazione delle unità di scorrimento è illustrata in fig. 1, dove si rileva che dal fronte di una colata di lava in movimento può essere emessa una successione di sottili unità di scorrimento. Ma come prosegue l'avanzata di questa colata? Ciascun fronte successivo viene ad avere davanti a sé qualche strato, ma quando questi strati vengono sepolti la lava in movimento si troverebbe ad un livello sempre più elevato — si forma allora un filone di scorrimento ininterrotto che fornisce una linea continua di alimentazione termica, e lungo di esso può formarsi una grotta. È importante rendersi conto che tante unità di scorrimento non possono trovarsi semplicemente

accatastate le une sulle altre, come un mucchio di frittelle: affinché la colata possa avanzare deve esistere almeno un condotto, che passi attraverso o al di sopra delle unità di scorrimento senza soluzione di continuità, dall'origine fino al fronte della colata.

Quando le distanze assumono valori dell'ordine di alcuni km., sembra poco credibile che il flusso lavico rimanga confinato all'interno di unità di scorrimento di limitata larghezza: è più probabile, invece, che la lava fluisca attraverso un tubo di maggiori dimensioni, inciso nelle strutture preesistenti, come è stato ipotizzato da Ollier e Brown. Ai fini della teoria di Ollier e Brown il fatto che il fronte della colata avanza mediante successive unità di scorrimento, o col movimento dell'intera massa (come sospinto da una pala meccanica), ha poca importanza: in entrambi i casi, sotto la crosta che la ricopre, nella massa di lava in movimento si avrà eventualmente un filone principale, quindi si formerà un tubo di lava e, in caso di svuotamento, si avrà una grotta lavica.

Peterson e Swanson hanno osservato ad Hawaii le unità di scorrimento in attività: la lava fluida emergeva da una colata ricoperta di crosta solida, avanzava per alcune centinaia di metri in canali a cielo aperto e si trasformava in lava aa in seguito a raffreddamento e degassazione. Nel frattempo un po' più a monte sgorgavano lingue pahoehoe, e i canali di lava venivano ricoperti da una crosta solida, in modo da prolungare ulteriormente il sistema dei tubi. Questo invadeva e ricopriva la lava scoriacea formatasi in precedenza, prima di trasformarsi anch'esso in aa un po' più avanti. « *Noi assistemmo parecchie volte a questo processo di ricoprimento, mentre il sistema dei tubi si andava estendendo verso Sud...* ».

Tubi e *layered lava* (di qualunque specie) si trovano generalmente associati. Wentworth e Macdonald (1953) notano che « ...un'unità di scorrimento, vista in sezione trasversale, appare spesso composta da un gran numero di piccoli tubi pieni ». In Australia non ho mai trovato tali strutture.

Waters (1960) descrive un esempio di grandi tubi di lava pieni, con giunti colonnari a raggera, ma in posizione intermedia notava « *lastroni simili a banchi grossolanamente orizzontali, stratificati all'interno della colata* ». Cio sembra proprio la *layered lava* descritta da Ollier e Brown.

Le immagini di molte strutture di colate laviche sono state pubblicate e interpretate in vari modi, come *layered lava*, unità di scorrimento, lava a lastroni e così via dicendo. Al momento attuale la nostra conoscenza di queste strutture è incompleta e frammentaria, e io stesso ho visto molte caratteristiche che non riesco a interpretare. Uno dei pros-

simi passi nello studio delle grotte laviche sarà quello di classificare queste strutture e chiarirne la genesi; E. B. Joyce, dell'Università di Melbourne, ha iniziato studi in questo senso nel Victoria.

Il rapporto tra l'ipotesi di Ollier e Brown e le altre ipotesi.

Wood (1971, 1974) ha fatto un'ottima sintesi della storia delle teorie sulla genesi delle grotte laviche, e io non ritengo sia il caso di ripeterla in questa sede; desidero solo mettere in evidenza in cosa io ritengo che le altre ipotesi differiscano da quella proposta da Ollier e Brown.

Riferendoci alla genesi delle gallerie possiamo trascurare l'idea elementare delle bolle di gas, sebbene nella precedente relazione Ollier e Brown dovettero superare alcune difficoltà per illustrarla, in quanto Skeats e James (1937), prima di essi, avevano formulato questa ipotesi per spiegare alcune caratteristiche delle grotte del Victoria.

L'ipotesi che le grotte siano generate dal semplice drenaggio della lava liquida coperta da una crosta solida, non riesce a spiegare gran parte delle caratteristiche di dettaglio delle grotte, e in particolare la forma della loro sezione trasversale.

Già sono state discusse le teorie sul ricoprimento dei canali mediante una crosta solida, e non v'è dubbio che alcune cavità si formino con questo meccanismo. L'ipotesi di Ollier e Brown non comprende questo tipo di cavità, ma solo quelle che si formano sotto una crosta pianeggiante continua, non in un canale.

Abbiamo già considerato anche le teorie sul drenaggio delle lingue pahoehoe, ma risultano di limitata applicazione. Infatti non sono applicabili alle cavità con larghezza superiore a quella di una singola lingua, o unità di scorrimento.

Poli (1959 - citata in Wood, 1974) formulava l'ipotesi che le grotte traessero origine da lava a strati concentrici. Per quanto ciò sembri teoricamente possibile, il fenomeno non è stato riscontrato nelle grotte del Victoria dove sulle pareti e sulle volte delle cavità esiste un'unica guaina.

Wood (1971), cercando di spiegare la genesi delle grotte laviche di Raufarhöllshellir, suggerisce l'ipotesi che sia le lingue che le unità di scorrimento abbiano subito un drenaggio al quale è seguita la coalescenza delle piccole cavità risultanti, che andrebbero a costituirne una di maggiori dimensioni. Tale cavità dovrebbe avere una sezione trasversale irregolare (come si vede nella fig. 10 di Wood), ed è completamente diversa dalle cavità descritte da Ollier e Brown.

Peterson e Swanson restringono le loro ipotesi genetiche sulle grotte laviche alle lingue pahoehoe presso il fronte della colata, e ai canali di lava in prossimità della bocca eruttiva; ma essi dicono che sul terreno pianeggiante, dove la lava ristagnava e si espandeva lentamente, « *la copertura coibente si ispessiva, isolando la lava all'interno e consentendole di conservare la sua fluidità tanto a lungo da raggiungere il fronte, sempre più distante* ». Con questo essi confutano una delle obiezioni di Wood (1971) alla teoria di Ollier e Brown « che la lava liquida di Ollier e Brown deve, durante il suo passaggio attraverso la *layered lava*, perdere buona parte del suo calore e quindi della sua capacità di erodere ». Affinché la lava possa raggiungere luoghi distanti dalla bocca eruttiva, è necessario che essa si sposti « *per la maggior parte del percorso all'interno dei tubi di lava, e di conseguenza rimangono praticamente inalterate sia l'elevata temperatura che la fluidità* ».

Proprio in questi tubi nascosti la teoria di Ollier e Brown trova la sua più probabile applicazione. Naturalmente non è possibile saggiare direttamente la profondità o la forma del tubo, neppure quando un tubo presenta comode finestre, ma Peterson e Swanson (1974) ritengono che sulla base delle loro osservazioni sia possibile ipotizzare l'erosione del canale ad opera della lava che vi scorre dentro. Affermando questo essi confermano la teoria di Ollier e Brown, malgrado la *layered lava* cui fanno riferimento sia costituita da sottili unità di scorimento e zone vescicolate.

Sulla formazione delle grotte laviche, Kermode (1970) formulò una teoria secondo la quale la stratificazione del basalto che racchiude la cavità viene attribuita a sottili traboccamimenti sopra gli argini di un canale. In questa maniera il canale di lava viene ricoperto da una volta a causa della quale temporanei aumenti della portata, e quindi della temperatura, alterano le forme preesistenti e ampliano il diametro del tubo per erosione termica, dopo di che il tubo si svuota e rimane la grotta. I casuali « *temporanei aumenti di portata* » rendono questa teoria applicabile soltanto in casi particolari, in quanto di norma viene a mancare quel processo continuo immaginato da Ollier e Brown nella loro teoria e osservato da Peterson e Swanson nel comportamento dei tubi già formati.

Macdonald (1967) presenta, come modello speleogenetico, l'ipotesi della separazione di una colata attiva in parti semisolide e parti solide circostanti. Il suo grafico evidenzia un'azione erosiva nella parte inferiore della massa cilindrica in movimento all'interno della colata, e l'eventuale abbassamento della superficie della lava all'interno del tubo.

Egli non menziona la struttura della lava intorno al tubo, ma la teoria è simile a quella di Ollier e Brown sulla formazione della *layered lava*, anche se Ollier e Brown suppongono che l'erosione interessa tutta la sezione del tubo, per giustificare la sezione trasversale circolare predominante nelle grotte laviche.

Conclusioni.

Le grotte laviche possono formarsi in diversi modi. La teoria di Ollier e Brown sembra applicabile alle grotte laviche di maggiori dimensioni, dove la lava scorre per lungo tempo in condotti che si trovano sotto una crosta stabile, ed erode le strutture preesistenti.

Peterson e Swanson (1974), lungi dal confutare tale teoria, nella loro sezione riguardante il funzionamento dei tubi dopo la loro formazione, hanno aggiunto una considerevole massa di prove basate sull'osservazione diretta.

Manca la certezza che la *layered lava* sia generata da flusso laminare con relativa separazione delle lamine ovvero, in gran parte, da unità di scorimento; in ogni caso i dettagli delle strutture formatesi in precedenza non inficiano l'opinione generale che gli strati siano erosi dal flusso continuo della lava all'interno dei tubi.

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.*

*Catania, 1977
pagg. 169/174*

Joaquín Montoriol-Pous (*) y Jorge De Mier (**)

ESTUDIO DE UN CASO DE CAPTURA SUBTERRANEA
DE UNA CORRIENTE DE LAVA,
OBSERVADO EN LA CUEVA DE DON JUSTO
(ISLA DE EL HIERRO, CANARIAS)

RIASSUNTO — Il Grupo de Exploraciones Subterráneas (G.E.S.) del Club Montañés Barcelonés (C.M.B.) ha esplorato molte grotte laviche nelle isole dell'Atlantico; nel 1974 ha esplorato la Cueva de Don Justo nell'isola di El Hierro, nelle Canarie. Nella parte più bassa di questa cavità è stato osservato il fenomeno di cattura di una corrente di lava, che è riportato nel presente lavoro.

Viene descritta la morfologia delle due gallerie che si incrociano e vengono formulate ipotesi sui meccanismi che determinarono il fenomeno.

SUMMARY — The Grupo de Exploraciones Subterráneas (G.E.S.) of the Club Montañés Barcelonés (C.M.B.) has explored many lava tube caves in the Atlantic Islands; in 1974 it explored the Cueva de Don Justo on the island of El Hierro, Canary Islands. In the lower part of this cave the phenomenon of capture of a lava flow, which is reported in this paper, has been observed.

The morphology of both crossing galleries is described, and hypotheses on the processes which caused the phenomenon are expressed.

(*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Geológicas. Universidad de Barcelona; Grupo de Exploraciones Subterráneas del C.M.B.

(**) Grupo de Exploraciones Subterráneas del Club Montañés Barcelonés.

Introducción.

A partir del año 1961, y bajo la dirección de los que suscriben el presente trabajo, el Grupo de Exploraciones Subterráneas (G.E.S.) del Club Montañés Barcelonés ha venido realizando numerosas expediciones vulcanoespeleológicas a diversas islas atlánticas. Por orden cronológico, se han llevado a cabo investigaciones en las islas de Lanzarote (Montoriol-Pous, 1965; Montoriol-Pous y De Mier, 1969), Islandia (Montoriol-Pous y De Mier, 1970, 1971), Fuerteventura (Montoriol-Pous, 1972), Tenerife (Montoriol-Pous y De Mier, 1974), y el Hierro. En el transcurso de las campañas efectuadas se estudiaron las mayores cavidades volcánicas conocidas: Cueva de los Verdes (6100 m., -230 m.) y Cueva del Viento (10000 m., -478 m.)⁽¹⁾.

Durante la última de las expediciones llevadas a cabo (Julio 1974), que el citado G.E.S. del C.M.B. realizó en colaboración con el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona, se estudiaron seis cavidades situadas en las grandes coladas de lava que se desarrollan en el extremo Sur de la isla de El Hierro (Canarias). La mayor de las cavernas reconocidas fue la Cueva de Don Justo que, con su longitud de 5500 m., es asimismo la mayor cavidad volcánica conocida en la isla. Es precisamente en dicha cueva en donde se estudió el fenómeno objeto de la presente comunicación.

No queremos terminar esta breve introducción si antes dejar constancia de nuestro agradecimiento a los miembros de la expedición Prof. Manuel Font-Altaba y Prof. Carlos de la Fuente, por la eficaz colaboración prestada. Asimismo, debemos manifestar que la expedición citada pudo ser llevada a cabo gracias a una subvención recibida del Exmo. Cabildo Insular de El Hierro.

La Cueva de Don Justo.

La caverna se halla desarrollada en una colada de basalto olivínico que desciende hacia la Punta de La Restinga (extremo S de la isla de El Hierro). Atendiendo a la clasificación morfogenética que propusimos en el I Congreso Nacional de Espeleología (Montoriol-Pous y De Mier, 1970) y que detallamos en el III Simposium de Espeleología de l'« Escola

⁽¹⁾ Durante nuestra expedición se estudiaron 6200 m. de galerías, pero una reciente expedición inglesa ha descubierto un nuevo laberinto (« Nouvelles de l'Etranger », Spelunca, 1975, 2, 41).

Catalana d'Espeleología » (Montoriol-Pous, 1972, 1973), la Cueva de Don Justo pertenece al tipo 1.1.1, o sea que se trata de una cavidad volcánica singenética del tipo reogenético subterráneo.

La cavidad presenta una pendiente del 15 por 100, siendo elevado el valor de su índice planimétrico (>2)⁽²⁾. Además, en su desarrollo presenta zonas de fuerte pendiente formadas por un verdadero laberinto de tubos (zona con $I_p \approx 3$), alternando con tramos poco inclinados constituidos por una galería única (zonas con $I_p = 1$). La explicación de este fenómeno lo dimos en nuestro trabajo sobre la Cueva del Viento (Montoriol-Pous y De Mier, 1974); no obstante creemos interesante reproducirla en esta comunicación al « Seminario sulle Grotte Laviche ».

« En otra ocasión (Montoriol-Pous y De Mier, 1969), ya indicamos que la localización tridimensional de un tubo de lava no viene exclusivamente condicionada por las isohipsas del relieve pretérito, sinó, en gran manera, por las superficies isotermas en la masa de lava. No obstante, si bien las superficies isotermas localizarán las zonas de máxima fluidez en la masa lávica, es evidente que el que ésta entre en movimiento no dependerá únicamente de su grado de fluidez, sinó, además, del valor de la componente de la fuerza gravitatoria según el plano de la pendiente (como es natural, la componente perpendicular a ella se anula por ser perpendicular al plano de deslizamiento). En el caso de coladas de pendiente débil, la componente gravitatoria que actúa será de poco valor y, en consecuencia, sólo entrará en movimiento la zona de máxima fluidez, formándose un tubo de lava único; si la pendiente es fuerte, será asimismo mayor la componente de la fuerza gravitatoria, poniéndose no solamente en movimiento la zona de mayor fluidez, sinó zonas vecinas de fluidez menor, formándose, en consecuencia, un conjunto de tubos más o menos paralelos, a veces entrecruzándose »⁽³⁾.

Es precisamente en la zona inferior de mayor pendiente, constituida por un verdadero laberinto de tubos, en donde se localiza el caso de captura subterránea de una corriente de lava, que vamos a estudiar a continuación.

⁽²⁾ En nuestro trabajo sobre la Cueva del Viento (Montoriol-Pous y De Mier, 1974) definimos el índice planimétrico (I_p) como la relación entre la longitud de la caverna prescindiendo de los pisos superpuestos (longitud planimétrica = L_p) y la longitud de la poligonal entre extremos (P_e): $I_p = L_p/P_e$.

⁽³⁾ El ya citado descubrimiento de un nuevo laberinto de más de 3000 m. en la parte inferior de la Cueva del Viento, confirma nuestro punto de vista sobre la relación entre el índice planimétrico y la pendiente de una caverna volcánica reogenética.



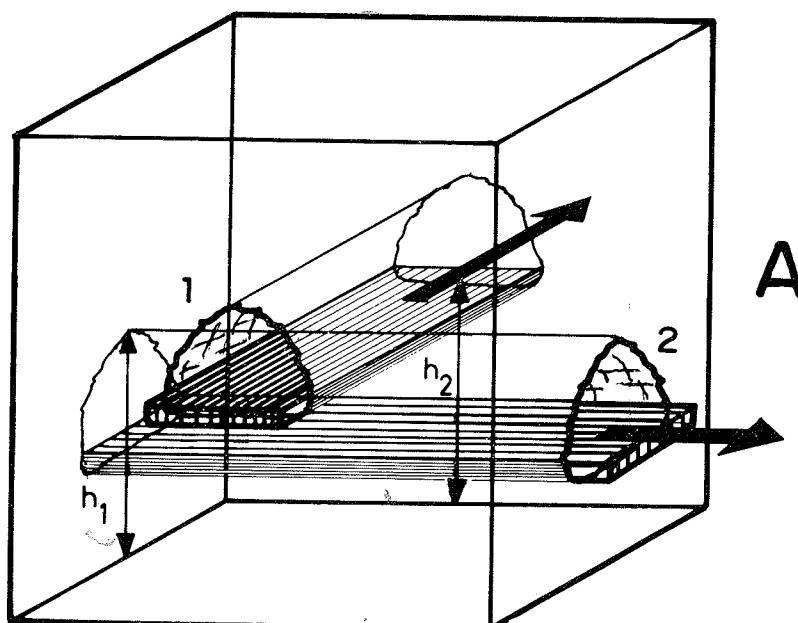
Morfología.

Se trata de dos pequeñas galerías superpuestas (2.5 m por 2.0 m), separadas por un desnivel de 2.7 m (diafragma de 0.7 m), que se cruzan con un ángulo de 75°. Su orientación es tal que la bisectriz aguda del ángulo que forman entre si, sigue la dirección de la máxima pendiente de la cavidad. En el punto en que se cruzan los dos tubos, el diafragma de separación se halla perforado, dando lugar a un pocillo que intercomunica los dos niveles.

El piso de las dos galerías se halla ocupado par un aporte de lava secundario. La corriente de lava del nivel superior se precipita por el pequeño pozo de intercomunicación, uniéndose a la corriente de lava que circulaba por el nivel inferior. Debido a ello, el espesor de la capa lávica del tubo inferior aumenta bruscamente después del punto de cruce, poniendo de manifiesto que, a partir del citado punto, la corriente de lava se hallaba constituida por los aportes provenientes de las dos galerías.

Morfogénesis.

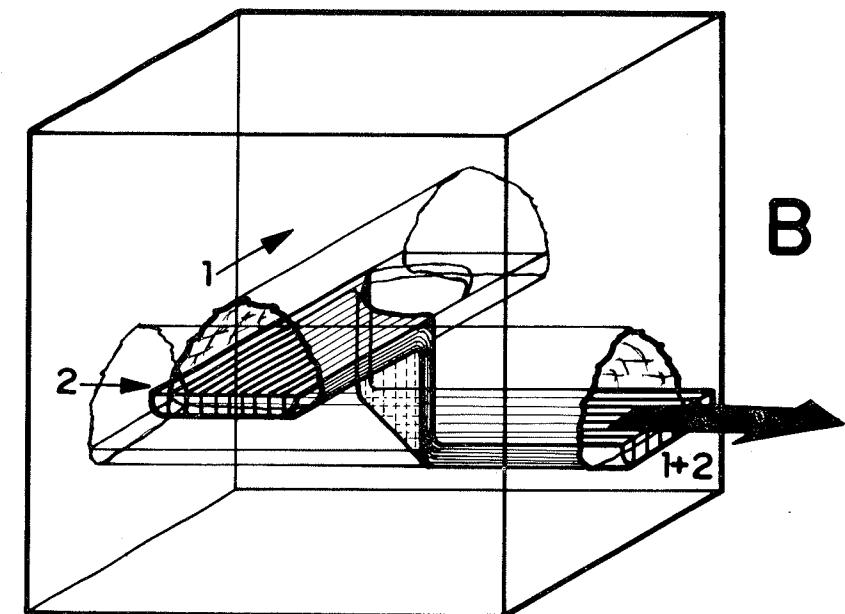
El fenómeno se halla situado en una parte de la caverna constituida por un verdadero laberinto de tubos. La localización del laberinto queda explicada por el principio que hemos expuesto anteriormente.



A

Dos de las galerías del laberinto (ver fig. 1A) quedaron extracturadas de tal manera que $h_2 - h_1 = 0.70$ m. Las corrientes secundarias de lava que discurren por ambas seguían el sentido indicado por las flechas.

Posteriormente, el diafragma que separaba los dos tubos en el punto de cruce sufrió un fenómeno de refusión, produciéndose la intercomunicación y precipitándose la corriente de lava de la galería superior en la galería inferior (ver fig. 1B).



B

El fenómeno pudo haber ocurrido según dos procesos diferentes:

1. Encajamiento progresivo de la corriente de lava superior, por refusión del piso, hasta que el descenso intersectó con el techo de la galería inferior;
2. La corriente de lava inferior provocó la refusión del techo, provocando su paulatina elevación, hasta que esta emigración hacia arriba intersectó con el piso de la galería superior.

La disposición tridimensional de las oquedades sería idéntica en ambos casos, pero no así la morfología de detalle.

El estudio de la morfología de la zona pone de manifiesto que el proceso se desarrolló, principalmente, según el segundo de los mecanismos que acabamos de describir. Apoyan tal punto de vista los siguientes hechos de observación:

- a) Se aprecian claramente formas de refusión en el techo de la galería inferior;
- b) Estudiando la galería superior « lavas arriba », puede observarse que la corriente de lava secundaria se halla muy débilmente encajada;
- c) Si la citada corriente de lava hubiera sufrido un fenómeno de encajamiento, éste hubiera probablemente continuado tras la intercomunicación, con lo que el labio del pocillo situado en el sentido del aporte hubiera quedado ligeramente por debajo del nivel del lado opuesto, cosa que no ocurre.

De todo quanto acabamos de exponer, podemos considerar el fenómeno estudiado como una verdadera captura subterránea de una corriente de lava.

BIBLIOGRAFIA

- Montoriol-Pous J., 1965: *Contribución al conocimiento mineralógico y mineralógico de un nuevo tipo de yacimiento de yeso descubierto en los «tubos de lava» de la isla de Lanzarote (Canarias)*; Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 63, 77-85.
- , 1972: *Contribución al conocimiento de la Raufarhólshellir (Hjalli, Islanda), con un estudio sobre la tipología vulcanoespeleogénica*; Speleon, 19, 5-24.
- , 1973: *Sobre la tipología vulcanoespeleogénica*; Act. III Simp. Espeleología, Mataró, 268-273.
- Montoriol-Pous J. y De Mier J., 1969: *Estudio morfogénico de las cavidades volcánicas desarrolladas en el malpaís de La Corona (Isla de Lanzarote, Canarias)*; Geo y Bio Karst, 6, 22, 3-23.
- , 1970: *Contribución al conocimiento de las formaciones vulcanoespeleológicas de la Grindavíkurhraun (Islandia)*; Act. I Con. Nac. Espeleología, Barcelona, 45-52.
- , 1971: *Estudio vulcanoespeleológico del sistema Surtshellir-Stephánshellir (Hallmundarhraun, Islandia)*; Speleon, 18, 5-17.
- , 1974: *Estudio vulcanoespeleológico de la Cueva del Viento (Icod de los Vinos, Isla de Tenerife, Canarias)*; Speleon, 21, 5-24.

STUDIO DI UN CASO DI CATTURA SOTTERRANEA DI UNA COLATA LAVICA, OSSERVATO NELLA « CUEVA DE DON JUSTO » (ISOLA DI EL HIERRO, CANARIE) (*)

Introduzione

A partire dall'anno 1971, e sotto la direzione degli autori del presente lavoro, il Grupo de Exploraciones Subterráneas (G.E.S.) del Club Montañés Barcelonés ha realizzato numerose spedizioni speleovulcanologiche in diverse isole dell'Atlantico. In ordine cronologico, sono state condotte ricerche nelle isole di Lanzarote (Montoriol-Pous, 1965, Montoriol-Pous e De Mier, 1969), Islanda (Montoriol-Pous e De Mier, 1970, 1971), Fuerteventura (Montoriol-Pous, 1972), Tenerife (Montoriol-Pous e De Mier, 1974) e El Hierro. Nel corso di queste campagne vennero studiate le maggiori cavità vulcaniche conosciute: la « Cueva de los Verdes » (6100 m., -230 m.) e la « Cueva del Viento » (10000 m., -478 m.) (¹).

Durante l'ultima spedizione (luglio 1974), realizzata dal G.E.S. del C.M.B. in collaborazione con l'Istituto di Cristallografia e Mineralogia dell'Università di Barcellona, furono studiate sei cavità situate nelle grandi colate laviche che si estendono all'estremo Sud dell'isola di El Hierro (Canarie). La più estesa delle cavità visitate fu la « Cueva de Don Justo » che, con uno sviluppo di 5500 m., si rivelò anche come la maggiore cavità conosciuta dell'isola.

(*) Traduzione dallo spagnolo di Giuseppe Licitra.

(¹) Durante la nostra spedizione furono studiati 6200 m. di gallerie, ma una recente spedizione inglese ha scoperto un nuovo labirinto (« Notizie dall'Estero », Spelunca, 1975, 2, 41).

Proprio in questa grotta venne studiato il fenomeno che forma l'oggetto della presente comunicazione.

Prima di concludere questa breve introduzione desideriamo esprimere i nostri ringraziamenti ai membri della spedizione Prof. Manuel Font-Altaba e Prof. Carlos de la Fuente per la loro preziosa collaborazione. Teniamo inoltre a precisare che la spedizione è stata realizzata grazie ad una sovvenzione erogata da S.E. il Governatore dell'isola di El Hierro.

La « Cueva de Don Justo »

La grotta si apre in una colata di basalto olivinico estesa verso la Punta de la Restinga (estremo S dell'isola di El Hierro). Facendo riferimento alla classificazione morfogenetica da noi proposta al 1° Congresso Nazionale di Speleologia (Montoriol-Pous e De Mier, 1970) e successivamente esposta in dettaglio al III Simposio di Speleologia della Scuola Catalana di Speleologia (Montoriol-Pous, 1972, 1973), la « Cueva de Don Justo » rientra nel tipo 1.1.1, si tratta cioè di una grotta vulcanica singenetica del tipo reogenetico sotterraneo.

La cavità presenta una pendenza del 15%, facendo risultare elevato il valore del suo indice planimetrico (>2)⁽²⁾. In linea di massima la grotta si presenta con zone a forte pendenza, formate da un vero labirinto di tubi (zone con $I_p \approx 3$), che si alternano con zone scarsamente inclinate, costituite da singole gallerie (zone con $I_p = 1$). Abbiamo già proposto una spiegazione del fenomeno nel lavoro sulla « Cueva del Viento » (1974), ma riteniamo tuttavia interessante ripeterla in questa comunicazione al Seminario sulle Grotte Laviche:

« Abbiamo già fatto presente in altra occasione (1969) che l'ubicazione tridimensionale di un tubo di lava non è influenzata soltanto dalle isoipse del rilievo interessato, ma anche — grosso modo — dalle superfici isotermiche della massa di lava. Nonostante questo, sebbene le superfici isotermiche identifichino le zone di massima fluidità all'interno della massa lavica, la parte in movimento non sarà influenzata soltanto dal

grado di fluidità, ma per buona parte dipenderà dal valore della componente tra la forza di gravità e la pendenza del piano di scorrimento (2) ovvio che la componente perpendicolare a questa si annulla, essendo perpendicolare al piano di scorrimento). Nel caso di colate con pendenza debole, la componente gravitativa che esercita la sua influenza assumerà un valore insignificante, e di conseguenza l'unico fattore determinante sarà rappresentato dalla zona di massima fluidità, che produrrà la formazione di un tubo di lava unico; se invece la pendenza è forte, anche la componente della forza di gravità eserciterà una maggiore influenza, in quanto il movimento non interesserà soltanto la zona di maggior fluidità, ma anche le zone circostanti aventi fluidità minore, dando luogo in tal modo alla formazione di un insieme di tubi più o meno paralleli e a volte anche intersecanti »⁽³⁾.

Proprio nella zona più bassa e con maggiore pendenza, costituita da un vero e proprio labirinto di tubi, abbiamo osservato il caso di cattura sotterranea di una colata lavica, che descriviamo qui di seguito.

Morfologia.

Si tratta di due piccole gallerie sovrapposte (2,5×2,0 m.), separate da un dislivello di 2,7 m. (diaframma di 0,7 m.), che si incrociano con un angolo di 75°. L'orientamento è tale che la bisettrice dell'angolo acuto formato dalle due gallerie è orientata secondo la massima inclinazione della cavità. Il diaframma di separazione è stato forato nel punto in cui si incrociano i due tubi, lasciando un'apertura che mette in comunicazione i due livelli.

Entrambe le gallerie hanno il fondo occupato da una colata secondaria; la lava che scorreva al livello superiore si scaricava attraverso il piccolo pozzo che metteva in comunicazione le due gallerie, congiungendosi con quella che scorreva nel livello inferiore. Per tal motivo lo spessore della coltre lavica che pavimenta il tubo inferiore aumenta bruscamente dopo il punto di intersezione, mettendo in evidenza che — a partire da tale punto — la corrente di lava era costituita dagli apporti provenienti da entrambe le gallerie.

⁽²⁾ Nel nostro lavoro sulla « Cueva del Viento » (1974) definiamo « indice planimetrico » (I_p) il rapporto tra lo sviluppo della cavità prescindendo dai livelli sovrapposti (lunghezza planimetrica = L_p) e la lunghezza della poligonale costruita tra i punti estremi della cavità (P_e): $I_p = L_p/P_e$.

⁽³⁾ La scoperta dianzi citata, di un nuovo labirinto di oltre 3000 m., nella parte inferiore della « Cueva del Viento », conferma la nostra ipotesi sul rapporto intercorrente, in una grotta vulcanica reogenetica, tra l'indice planimetrico I_p e la pendenza.

Morfogenesi.

Il fenomeno in oggetto è stato osservato in una zona della grotta costituita da un vero labirinto di tubi. L'ubicazione del labirinto viene spiegata dal principio esposto in precedenza.

Nel labirinto le due gallerie si trovano in una posizione tale (fig. 1A) che $h_2 - h_1 = 0,70$ m. Le colate secondarie che le percorrevano seguivano il senso indicato dalle frecce.

Successivamente, nel punto di intersezione, il diaframma che separava i due tubi scomparve per rifusione, per cui si aprì il foro che metteva in comunicazione le due gallerie, e la lava della galleria superiore si riversò in quella inferiore (fig. 1B).

Il fenomeno può essersi verificato in seguito a due differenti meccanismi:

1. Diminuzione progressiva del livello della colata superiore, per rifusione del letto, fino a che questo incise il tetto della galleria inferiore;
2. La colata inferiore provocò la rifusione della volta e il suo progressivo innalzamento, fino ad incidere il letto della galleria superiore.

La disposizione spaziale delle due cavità sarebbe identica in entrambi i casi, ma non così la morfologia del dettaglio.

Lo studio della morfologia locale dimostra che il processo avvenne principalmente a causa del secondo meccanismo da noi descritto; a sostegno di questa ipotesi riteniamo determinanti le seguenti osservazioni:

- a) Nella volta della galleria inferiore si notano segni evidenti di rifusione;
- b) Esaminando la coltre lavica della galleria superiore nella parte a monte, si rileva che la colata secondaria è solo leggermente incassata nel letto;
- c) Se questa colata avesse eroso il suo letto, tale fenomeno probabilmente si sarebbe manifestato anche al di là del punto di intersezione, per cui il margine a monte dell'orifizio si sarebbe trovato leggermente più in basso di quello opposto, la qual cosa non è avvenuta.

Da quanto abbiamo esposto sopra, possiamo dedurre che il fenomeno studiato rappresenta una vera e propria cattura sotterranea di una colata lavica.

Giorgio Pasquini (*)

CONVERGENZA E DIVERSITÀ DELLE FORME VULCANICHE E DI QUELLE CARSICHE

Riassunto (**)

In una breve comunicazione si elencano alcuni elementi comuni tra le grotte carsiche e quelle vulcaniche (alcune caratteristiche geometriche), ed altri discordanti (localizzazione, sviluppo nello spazio, tempo di formazione, durata dell'esistenza).

(*) Istituto di Geografia dell'Università di Genova.

(**) Non essendo pervenuto agli organizzatori il testo scritto della comunicazione, la stessa non viene inclusa negli Atti; la registrazione della stessa rimane tuttavia a disposizione degli interessati, per l'ascolto, presso la sede del Gruppo Grotte Catania.

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.*

*Catania, 1977
pagg. 181/191*

Ronald Greeley (*)

LAVA TUBES ON OTHER PLANETS

RIASSUNTO — Nel 1968 venne supposto che molti canali sinuosi osservati sulla superficie lunare fossero tubi di lava crollati.

Attraverso un programma di studio delle aree vulcaniche del Nord America ed il confronto tra i tubi lavici terrestri e i canali lunari, fu evidenziata la validità di questa ipotesi.

Nella presente comunicazione viene fatto un raffronto tra alcune immagini della superficie lunare e di zone con tubi lavici sulla Terra; la stessa ipotesi viene suggerita anche per un dettaglio della superficie di Marte.

SUMMARY — In 1968 it was postulated that many sinuous rilles observed on the Moon surface, might be collapsed lava tubes.

Through a research programme on the major volcanic areas in North America and a comparison between lava tubes on Earth and lunar rilles, evidence was drawn that supported this hypothesis.

In this paper a comparison is shown between some pictures of the lunar surface and of some lava tube areas on Earth; the same hypothesis is related to a detail of Mars surface.

(*) University of Santa Clara; NASA-Ames Research Center, Moffett Field, California, U.S.A.

My interest in lava tubes developed in 1968 when some colleagues and I at NASA-Ames Research Center postulated that many of the *sinuous rilles* on the Moon might be collapsed lava tubes. At that time there had been no manned landings on the Moon, and photographs were not of the quality that would come later. The origin of lunar sinuous rilles, typified by picture No. 1, was extremely controversial and many diverse ideas were proposed to explain them. In order to understand the origin and geology of lava tubes in general, and to test them against lunar sinuous rilles, I embarked on a research program that involved study of most of the major lava tube areas in North America and observations of actively forming lava tubes during eruptions in Hawaii in 1970 and 1971. From these and other studies conducted by various

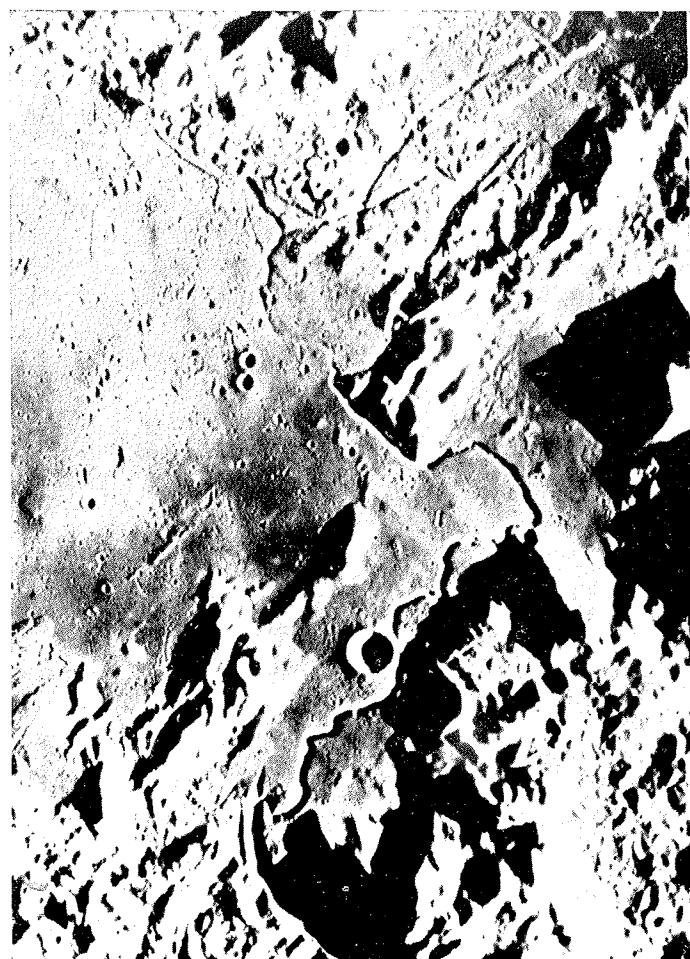


Fig. 1

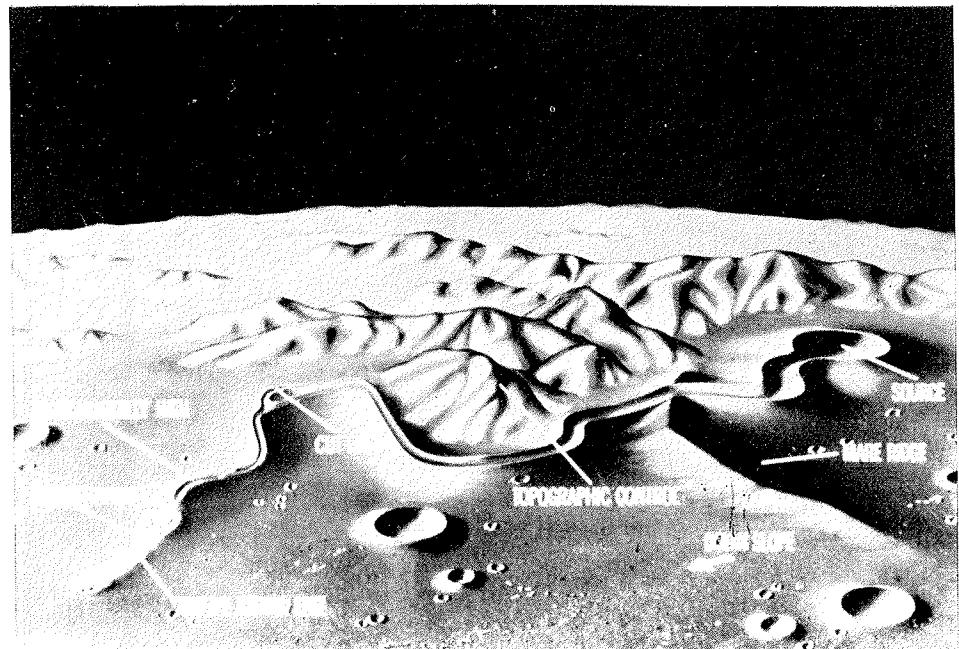


Fig. 2

colleagues, evidence was drawn together that supported the hypothesis that many lunar sinuous rilles are, in fact, lava tubes and channels. Subsequent Apollo missions and returned samples confirm the idea.

The following series of pictures shows various comparisons of lava tubes on Earth with lunar sinuous rilles and introduces comparisons with similar features on Mars.

Picture No. 2 is a painting of a hypothetical lunar sinuous rille showing their typical characteristics. They often originate in an irregular rimless crater and trend downslope for many kilometers; often the rilles break into a series of discontinuous segments. Generally the sinuous rilles are controlled by lunar mountains, flowing around major topographic obstructions, and are typically found in the dark lunar maria, a material which we now know is composed of volcanic basalt flows. Detailed topographic studies show that the surface often slopes away from the axis of the rille. In many cases the rille has cut-off branches along its course.

As I am sure you are well aware, most of these characteristics are common in major lava tube systems. For example picture No. 3 shows *Mammoth Crater* in California, which is about 530 m in diameter and is the source vent for a series of lava tubes (seen trending to the

right) more than 10 km long. It occurs in an area with several other similar structures and can be compared with this area on the Moon (pict. No 4), the Prinz Rilles.

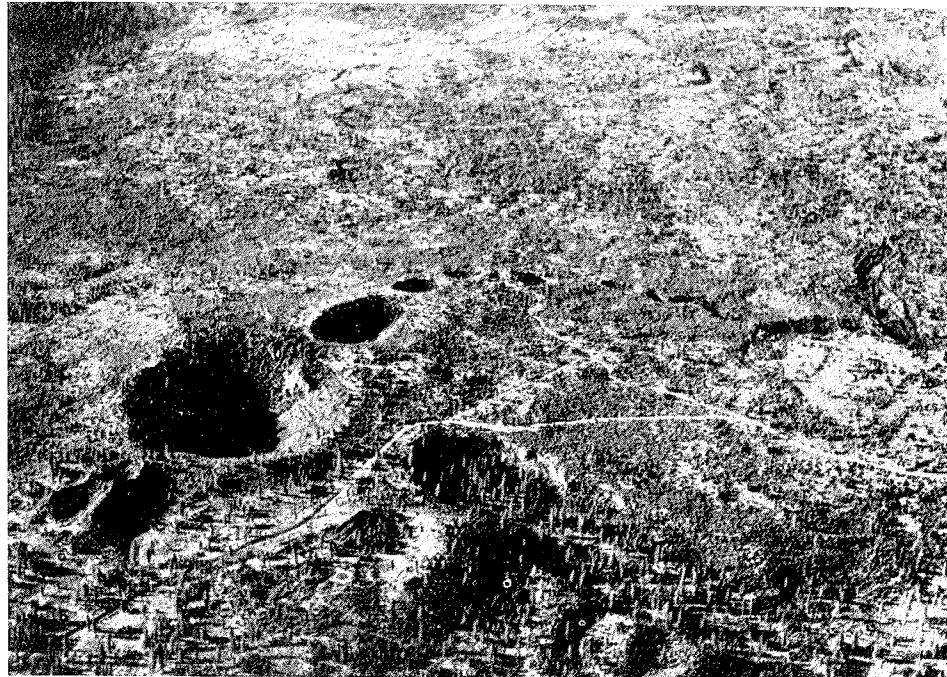


Fig. 3

One of the characteristics of lava tubes and channels is that topographic high area typically buildup along their axis. This was demonstrated during the 1970 eruptions of Mauna Ulu in Hawaii (pict. No 5). Spill-over of lava from the channel, shown here, results in accretion of lava along the channel banks to form natural levees. Such features are often very subtle, but nonetheless present. This is an aerial view of Modoc Lava Tube in California (pict. No 6). It can be traced through a series of dark collapsed sections which surround the dark lava flow in the center and left side of the photograph. The topographic high along the tube axis controlled the flow of the younger, dark aa flow, causing it to flow to the left, rather than to the right.



Fig. 4



Fig. 5

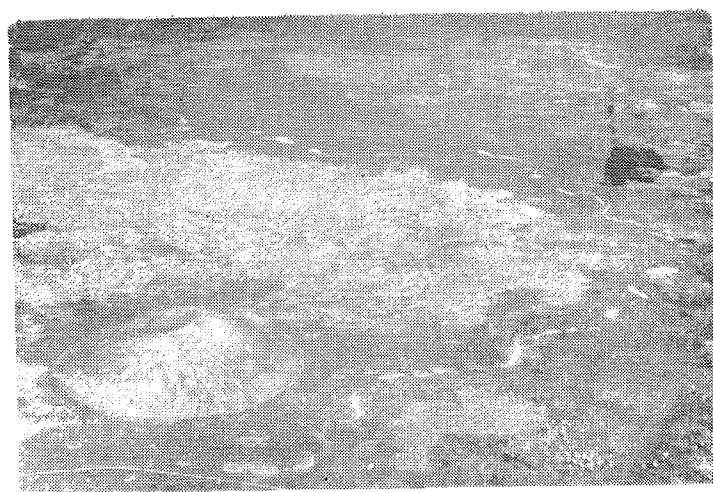


Fig. 6

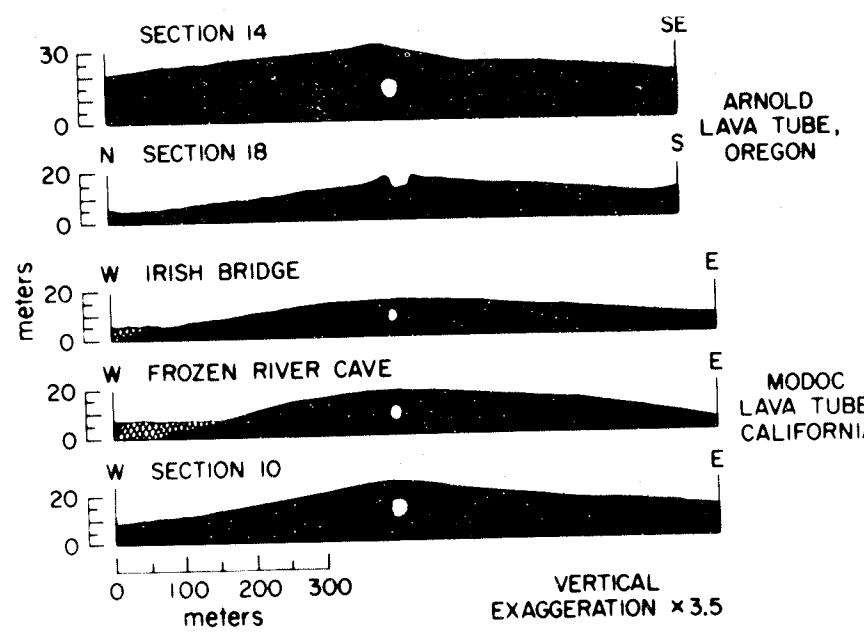


Fig. 7

Topographic cross sections shown in pict. No 7 indicate the position of lava tubes in relation to the topography. Topographic cross sections for lunar sinuous rilles in the Marius Hills region (fig. No. 8 & 9), shows a similar relationship of the rille to the topography.

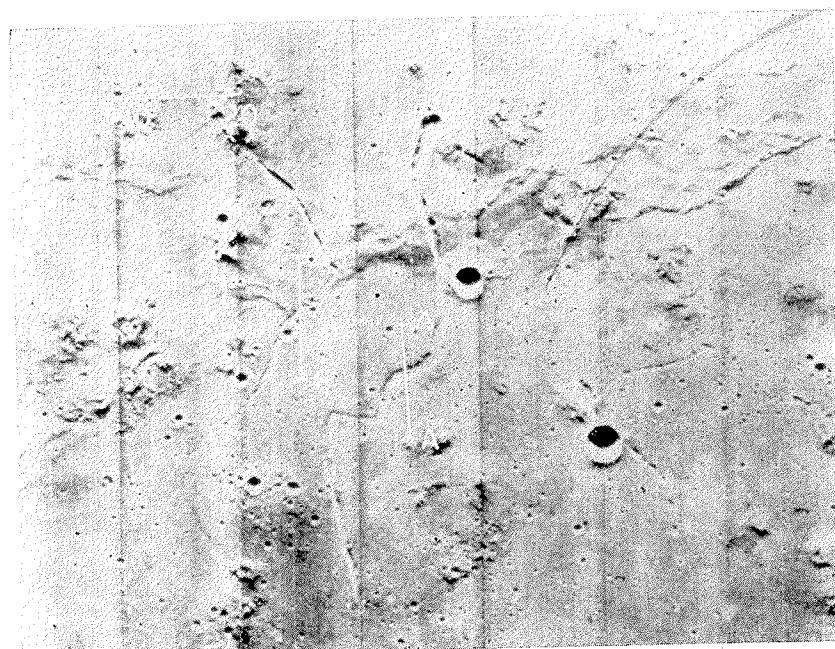


Fig. 8

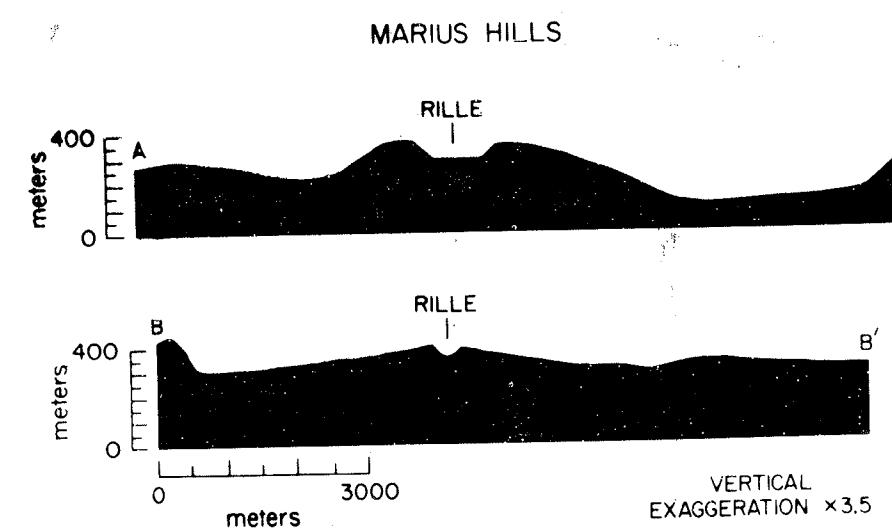


Fig. 9

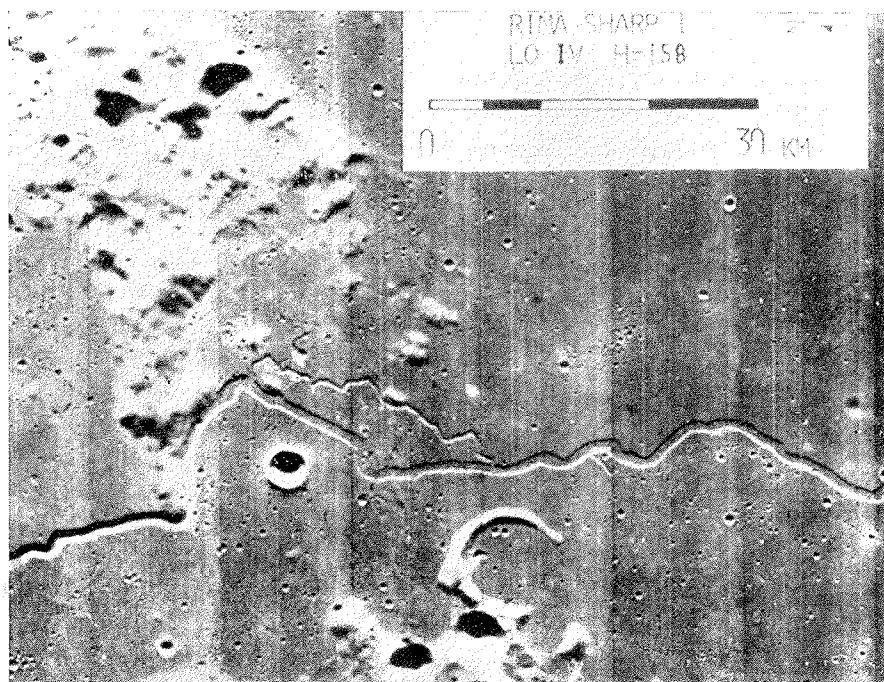


Fig. 10

A common characteristic of lunar sinuous rilles is the presence of *cut-off branches*, as shown in pict. No. 10. Such features are also common in terrestrial lava channels (pict. No. 11), such as this active Hawaiian channel that has a *cut-off branch*, and in pict. No. 12 which shows a collapsed lava tube in Idaho, which also has a *cut-off branch* seen at the bottom of the photograph.

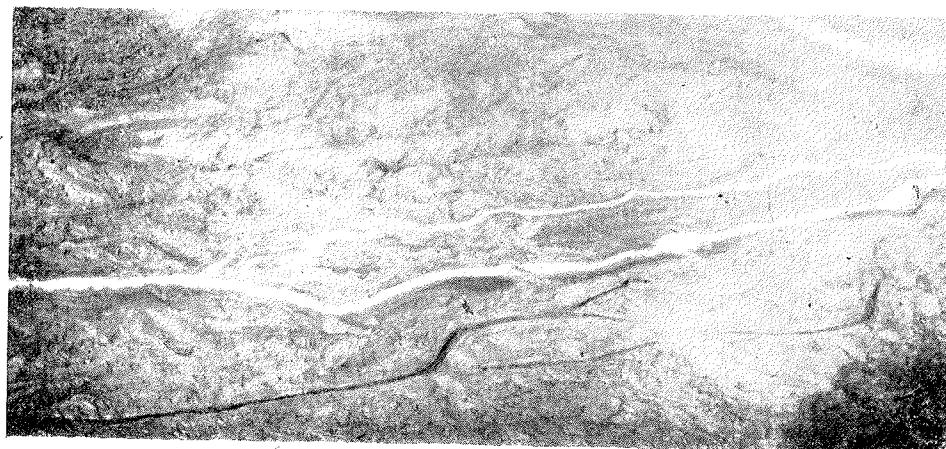


Fig. 11

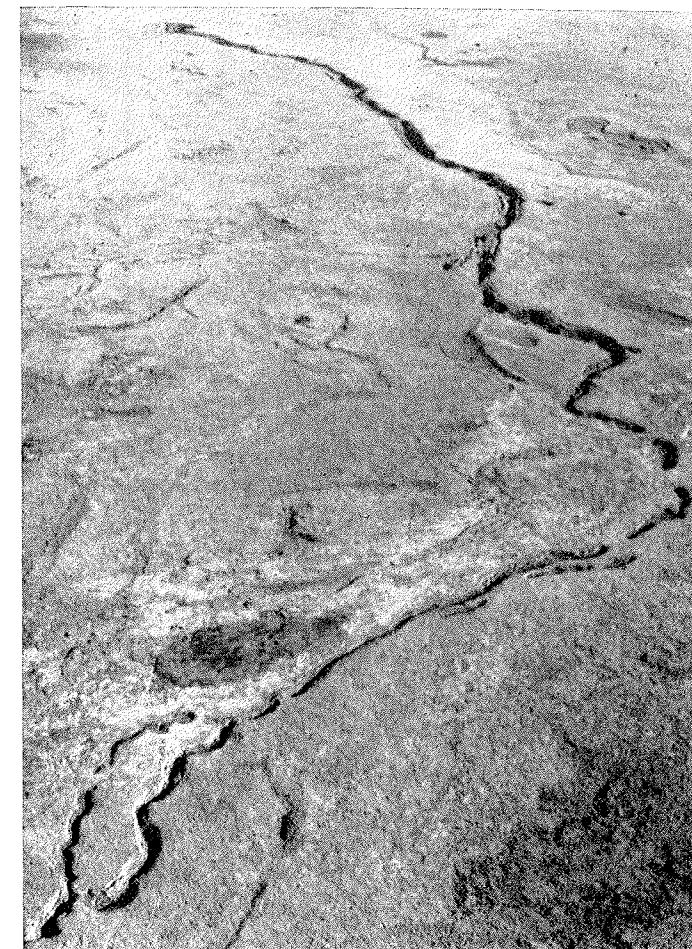


Fig. 12

The major difficulty in comparing lunar sinuous rilles with lava tubes and channels on Earth is the great difference in size. For example pict. No. 13 is a view of a section of the lunar Hadley Rille, site of the Apollo 15 landing. This rille is more than 100 km long and nearly a kilometer wide, and fig. No. 14 is a map of one of the longest lava tubes in North America, which can be traced for about 20 km, less than 1/5 as long as many lunar sinuous rilles. Pict. No. 15 shows the interior of a lava tube in California, which is about 23 km long, but is only about 50 m at its greatest width.

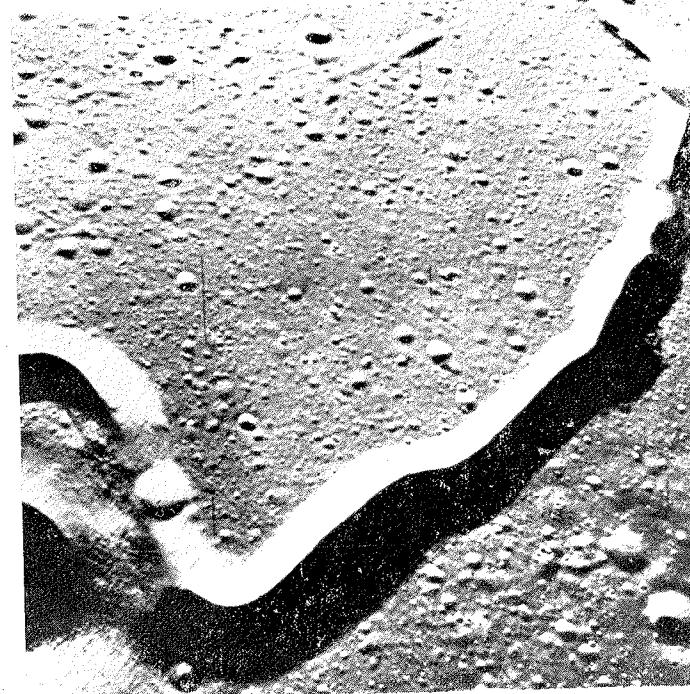


Fig. 13

BEAR TRAP LAVA TUBE, IDAHO

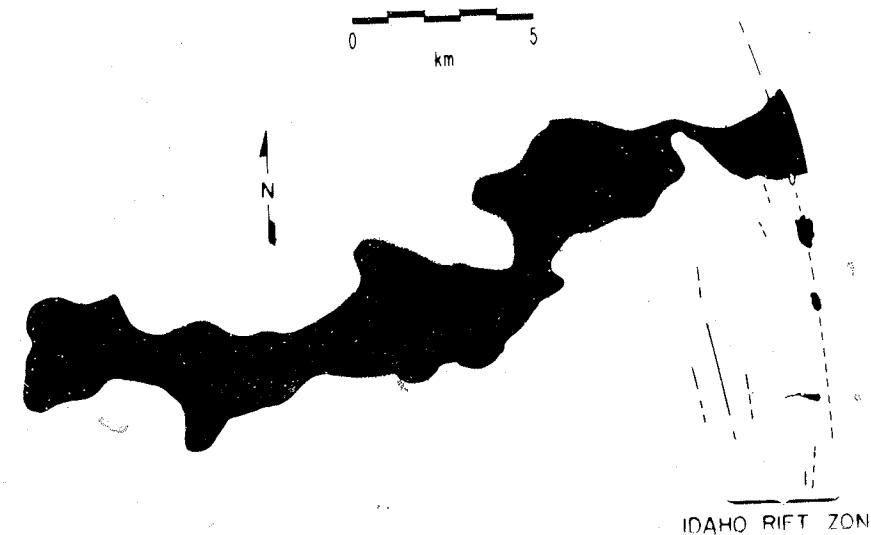


Fig. 14



Fig. 15

The differences in sizes of lava on Earth and the Moon can be accounted for at least in part by the differences in environment and the slight differences in chemistry of the lava. For example, calculations show that under the reduced gravity on the Moon, free-standing roofs of lava caves could be considerably wider than on Earth. More importantly, laboratory simulations show that the lunar basaltic lavas were much more fluid than most basalts on Earth during their eruption, which can account for the very long lava flows observed on the Moon, as shown in picture No. 16. It is reasonable to assume that the lava tubes and channels which fed these long flows would be correspondingly larger.

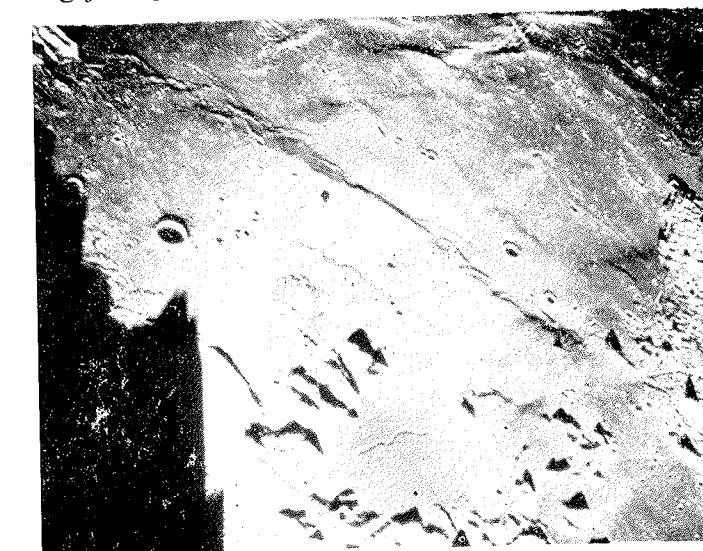
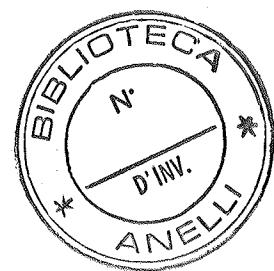
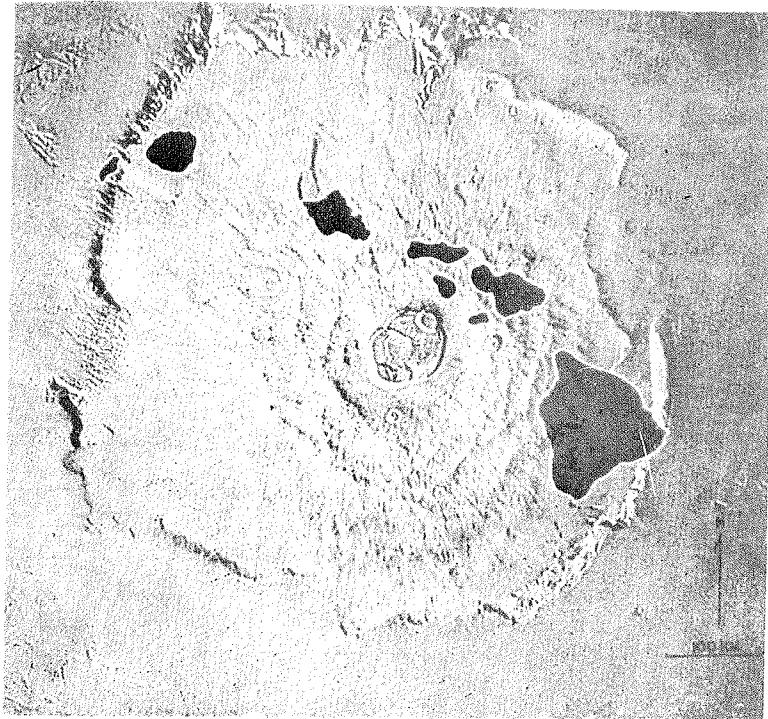


Fig. 16



Thus, when we examine lunar sinuous rilles in detail, we can identify morphological similarities with volcanic features on Earth. We know that lava tubes develop exclusively in basaltic lavas, the same material returned from the Moon, and conclude that most lunar sinuous rilles are lava channels and collapsed tubes.



Picture No. 17 is a photograph of the largest volcano in the known Solar System, *Olympus Mons* on Mars. This picture was taken by the *Mariner 9* spacecraft in 1971. This shield volcano is more than 600 km across and has a summit caldera more than 50 km across. The black areas are outlines of the Hawaiian Islands, to indicate the scale of *Olympus Mons*.

When we examine the flanks of this shield volcano we find lava tubes and channels of the same sort as has been discussed here. In fact, many other regions on Mars also show lava tubes and channels.

In conclusion, as we learn more about the geology of the planets, we begin to see that basaltic volcanism has played an important role in the evolution of planetary surfaces. Because lava tubes and channels often are an important part of basaltic eruptions, it is critical that we know as much as possible about the modes of formation, morphology, and degradation history of these volcanic caves.

TUBI LAVICI SU ALTRI PIANETI (*)

Il mio interesse per i tubi lavici è nato nel 1968, quando con alcuni colleghi del NASA-Ames Research Center ipotizzammo che molti dei tortuosi solchi lunari potessero essere tubi lavici crollati. A quel tempo non si era ancora avuto alcun atterraggio umano sulla Luna e le fotografie non avevano la perfezione che avrebbero raggiunta in seguito.

L'origine dei solchi lunari, esemplificati dalla fig. 1, è stato un problema molto controverso, e per spiegarlo sono state proposte diverse ipotesi. Al fine di comprendere le origini e il significato geologico dei tubi lavici in genere e di poterli confrontare con i solchi lunari, intrapresi un programma di ricerche che comprendeva lo studio di gran parte delle maggiori aree di tubi lavici nel Nord America, nonché osservazioni su tubi lavici in corso di formazione durante le eruzioni del 1970 e 1971 ad Hawaii. Da questi e da altri studi, condotti da vari colleghi, risultò evidente la validità dell'ipotesi che molti solchi lunari fossero, in realtà, tubi e canali di lava. Le successive missioni Apollo e i campioni prelevati confermano tale ipotesi.

La serie di fotografie che segue mostra vari confronti tra tutti i lavici terrestri e solchi lunari, e introduce un confronto con forme simili su Marte.

La fig. 2 rappresenta il modello di un ipotetico solco lunare e ne mostra le caratteristiche precise. I solchi si dipartono spesso da un cratere irregolare privo di margini, si dirigono verso valle per molti chilometri e spesso si frazionano in una serie di segmenti discontinui. L'andamento dei solchi è generalmente influenzato dai rilievi lunari: essi aggirano i maggiori ostacoli topografici e si trovano particolarmente negli oscuri mari lunari, consistenti di un materiale che adesso

(*) Traduzione dall'inglese di Caterina Scarlata.

sappiamo essere composto di colate vulcaniche basaltiche. Studi topografici dettagliati mostrano che spesso la superficie digrada a partire dall'asse del solco; in molti casi il solco ha lasciato diramazioni morte lungo il suo percorso.

Come certo ben sapete, gran parte di queste caratteristiche sono comuni ai maggiori sistemi di tubi lavici. Per esempio la fig. 3 mostra il Mammoth Crater in California, che ha un diametro di circa 530 m. ed è la bocca da cui si dipartono una serie di tubi lavici (notare il tracciato sulla destra) lunghi più di 10 km. La zona presenta parecchie altre strutture simili, che possono essere paragonate a questa zona lunare (fig. 4), i Prinz Rilles.

Una delle caratteristiche dei tubi e dei canali di lava è che lungo il loro asse si formano delle zone topograficamente in rilievo. Ciò è stato dimostrato durante le eruzioni del 1970 al Mauna Ulu, ad Hawaii (fig. 5). I traboccati di lava dal canale, come vediamo, fanno aumentare la massa di lava lungo i margini del canale, creando degli argini naturali. Tali caratteristiche sono spesso molto tenui, ma tuttavia presenti. La fig. 6 rappresenta una veduta aerea del Modoc Lava Tube in California. Il suo tracciato si rileva attraverso una serie di sezioni di crollo, scure, che girano attorno alla colata lavica, anch'essa scura, visibile al centro e a sinistra nella fotografia. L'elevazione topografica lungo l'asse del tubo ha condizionato il percorso della successiva colata di scura lava aa, costringendola a dirigersi verso sinistra invece che verso destra.

Le sezioni topografiche trasversali visibili nella fig. 7 indicano la posizione dei tubi lavici rispetto alla topografia. La sezione trasversale di canali lunari della regione Marius Hills (figg. 8 e 9) mostra un analogo rapporto tra il canale e la topografia.

Una caratteristica ricorrente dei canali lunari è la presenza di diramazioni morte, come si vede nella fig. 10. Tali caratteristiche sono comuni anche nei canali di lava sulla Terra (fig. 11), come questo canale attivo hawaiiano che ha appunto un ramo isolato, e nella fig. 12 che mostra un tubo lavico crollato dell'Idaho, anch'esso con un ramo isolato, visibile in basso.

La difficoltà maggiore nel raffronto tra i canali lunari e i tubi e i canali lavici terrestri consiste nella grande differenza delle dimensioni. Per esempio la fig. 13 rappresenta una sezione dello Hadley Rille sulla Luna, dove si posò l'Apollo 15. Questo canale è lungo oltre 100 km. e largo quasi un km. mentre la fig. 14 è la mappa di uno dei più lunghi canali lavici del Nord America, che ha una lunghezza di circa 20 km.,

cioè meno di 1/5 di molti canali lunari. La fig. 15 mostra l'interno di una galleria di lava in California, che è lunga circa 23 km., ma presenta un'ampiezza massima di soli 50 m.

Le differenti dimensioni dei tubi lavici terrestri rispetto a quelli della luna possono essere spiegate, almeno in parte, dalla diversa situazione ambientale e dalla leggera differenza della composizione chimica delle lave. Per esempio, in base a calcoli eseguiti, risulta che grazie alla ridotta gravità esistente sulla Luna le volte che ricoprono i canali di lava possono essere notevolmente più ampie che sulla Terra. E ciò che più conta, prove di laboratorio mostrano che le lave basaltiche lunari erano molto più fluide della maggior parte dei basalti terrestri, durante la loro eruzione, la qual cosa può chiarire la notevole lunghezza delle colate laviche osservate sulla Luna, come quella raffigurata nella fig. 16. E' logico pensare che le gallerie e i canali che alimentarono queste lunghe colate fossero anch'essi proporzionalmente più ampi.

Pertanto, quando esaminiamo i particolari dei canali lunari, possiamo rilevare analogie morfologiche con caratteristiche vulcaniche della Terra. Sappiamo che i tubi di lava si formano esclusivamente nelle lave basaltiche, lo stesso materiale che è stato portato indietro dalla Luna, e possiamo dunque concludere che i canali lunari sono canali di lava e tubi lavici crollati.

La fig. 17 è la fotografia del più grande vulcano conosciuto nel sistema solare, il Monte Olympo su Marte. La fotografia è stata ripresa dalla sonda spaziale Mariner 9 nel 1971. Questo vulcano a scudo presenta un diametro di oltre 600 km., con una caldera sommitale di oltre 50 km. Le zone bianche rappresentano la sagoma delle isole Hawaii, per avere un'idea delle dimensioni del Monte Olympo.

Se esaminiamo le pendici di questo vulcano a scudo possiamo notare tubi lavici e canali dello stesso tipo di quelli finora esaminati. Infatti molte altre regioni di Marte presentano tubi lavici e canali.

In conclusione, man mano che approfondiamo il nostro apprendimento sulla geologia dei pianeti, cominciamo a comprendere l'importanza del ruolo avuto dal vulcanismo basaltico nell'evoluzione della superficie dei corpi celesti. Giacchè i tubi e i canali di lava costituiscono spesso una caratteristica importante delle eruzioni basaltiche, è essenziale che noi apprendiamo quanto più è possibile sui meccanismi di formazione, la morfologia e la storia della degradazione di queste cavità vulcaniche.

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.*

*Catania, 1977
pagg. 197/200*

Alfonso Lucrezi (*)

LE PRIME ESPLORAZIONI DI GROTTE LAVICHE

RIASSUNTO — Fin dall'antichità i fenomeni vulcanici hanno attirato l'attenzione di studiosi e naturalisti; già Plinio il Vecchio accenna alla Grotta del Cane di Pozzuoli ed alle sue particolari caratteristiche.

Nei tempi moderni le prime osservazioni su grotte laviche sembrano dovute all'italiano Lazzaro Spallanzani, ma poiché manca — a differenza delle grotte carsiche — una linea storica di evoluzione delle ricerche in questo campo, si auspica una ricerca sistematica sull'argomento.

SUMMARY — Ever since ancient times volcanic phenomena have attracted scholars and naturalists' attention; even Plinio il Vecchio refers to Grotta del Cane, in Pozzuoli, and its particular characteristics.

In modern times the first observations on lava caves seem due to the Italian Lazzaro Spallanzani, but as a historical line of evolution of researches in this field is missing — differently than in karst caves — a systematic research on the subject is suggested.

(*) Museo di Speleologia « V. Rivera », L'Aquila.

Forse potrà sembrare strano parlare di esplorazioni compiute vari secoli fa proprio oggi che si parla di andare ad esplorare grotte di origine vulcanica poste su altri pianeti. Non credo tuttavia sia inutile tornare un po' indietro nel tempo e vedere coloro che ci hanno preceduto in questi studi.

Sottolineo che si tratta soltanto di pochi cenni su alcune tra le prime ricerche ed esplorazioni di grotte vulcaniche; questa mia comunicazione vuole essere più che altro un invito perché altri facciano una storia completa e circostanziata delle esplorazioni delle grotte laviche.

I fenomeni vulcanici, al pari di quelli carsici, hanno sempre affascinato l'uomo, anche se tale fascino è stato normalmente accompagnato da un notevole senso di timore e rispetto. Ciò non ha impedito che alcuni uomini, spinti più degli altri dal desiderio di conoscere, si avventurassero su per le pendici dei vulcani o all'interno di grotte. Le prime notizie storiche sicure sui due tipi di ricerca risalgono ai Greci (Aristotele) ed ai Romani (Plinio il Vecchio, Seneca).

I due fenomeni furono però spesso assimilati e confusi tra loro. Così per esempio Plinio il Vecchio ritenne che le caverne si formassero sia per effetto della circolazione sotterranea delle acque sia per effetto di forze endogene. Tali teorie « speleogenetiche » perdurarono per un notevole lasso di tempo, fino ad arrivare al 1600; addirittura nel 1694 Leibniz riteneva che tutte le grotte, anche quelle carsiche, fossero di origine vulcanica. Quello che meraviglia è che questi studiosi non abbiano sentito l'esigenza di avere una conferma alle loro ipotesi, conferma che poteva essere data proprio dall'esplorazione diretta delle grotte che si trovano sulle pendici dei vulcani.

Le prime osservazioni riguardanti grotte vulcaniche si ebbero per la Grotta del Cane di Pozzuoli. L'antichissima tradizione di evidenziare, in modo drammatico la presenza di anidride carbonica per mezzo di animali, spinse nell'antichità viaggiatori e naturalisti ad interessarsi del fenomeno ed a cercare di darne una spiegazione. Anche in questo caso dobbiamo risalire a Plinio per avere le prime indicazioni sull'esistenza di questa grotta e sui fenomeni che vi si potevano osservare.

Purtroppo la frammentarietà nel tempo delle esplorazioni e delle ricerche compiute sulle grotte di origine vulcanica non permette di tracciare una linea storica di evoluzione e di sviluppo così come è invece possibile per quella che è la storia delle prime esplorazioni delle grotte di origine carsica. D'altra parte è anche da ritenere che la presenza di cavità lungo le pendici dei vulcani non sia sfuggita a coloro

che nel corso dei secoli — e sono stati in molti — vi si sono avventurati per poter studiare, più che altro, il fenomeno vulcanico; quindi dinanzi al fenomeno più appariscente è stata evidentemente trascurata la presenza delle grotte.

Nell'agosto del 1772 John Banks scoprì e descrisse la grotta di Fingal, scavata nei basalti dell'Isola di Staffa, una delle Ebridi, nella Scozia. Banks era un naturalista inglese al seguito di Cook nelle sue esplorazioni. La Grotta di Fingal fu di nuovo visitata e descritta nel 1831 dal Panckuocke.

Chi però ha dato un valido contributo alle ricerche sulle grotte vulcaniche, sempre nel '700, è stato Lazzaro Spallanzani il quale, nel suo girovagare alla ricerca di fenomeni naturalistici attraverso l'Italia, visitò alcune grotte del Vesuvio e dell'Etna, facendosi così un'idea abbastanza precisa di questi fenomeni. Egli nel luglio del 1788 fece un lungo giro che descrisse nel libro « Viaggi alle Due Sicilie »; quello che è più interessante è che Spallanzani non si limitò a dare delle accurate descrizioni, ma cercò anche di fare degli esperimenti. Stando sul Vesuvio ebbe la fortuna di visitarlo durante un'eruzione e quindi poté vedere le colate laviche ed osservarle nell'ambito dei condotti. Trovò così delle caverne ed in particolare descrisse lo scorrimento della lava osservandolo da una fessura della volta di un tubo lavico. Questa la descrizione: « ... si vedeva correre la lava dentro una buca, senza che però trobocasse dai lati. Poi in luogo inferiore ancora a due miglia circa dal sommo del cratere del Vesuvio, scaturiva di sotterra la lava, formando all'aria aperta una lunga corrente. Ma prima di dire di essa egli è d'uopo fermare al quanto la penna nel descrivere i fenomeni troppo curiosi della lava moventesi dentro alla buca anzidetta. Questa si accostava alla figura ovale: il suo giro era di 23 piedi (circa 10 m., n.d.a.), le pareti quasi verticali erano alte piedi 4 e 1/2 (circa 2 m., n.d.a.), e vedevasi incavata nella lava già indurita di questa ultima eruzione. Scorreva adunque dentro a questa grotticella l'infuocata lava, che ne riempiva tutto il fondo, con movimento dal nord al sud. ... ». Osservando questo flusso, cercò di misurarne la velocità, e non avendo a portata di mano altri strumenti, utilizzò un pezzo di lava già solidificato, gettandolo all'interno della fessura per vedere in quanto tempo si spostava. Constatò così che la velocità della lava era di circa 10 m. al minuto. Voleva anche fare delle ricerche sulla temperatura della lava all'interno del tubo, ma non avendo con sé gli strumenti adatti non poté fare l'esperienza. Ciò non toglie che dia delle indicazioni affinché i futuri visitatori naturalisti del Vesuvio si portino appresso degli strumenti, che egli descrive con precisione, al fine di poter determinare la temperatura della lava.

Altre acute osservazioni lo Spallanzani le formula a proposito della Grotta del Cane di Pozzuoli. Quello che però è interessante ancora rilevare è come, visitando l'Etna, si sia fermato alla Grotta delle Capre, anche qui descrivendola con accuratezza. La Grotta delle Capre all'epoca serviva come bivacco fisso per coloro che facevano l'ascensione del vulcano (in mancanza di rifugi era il luogo ideale per trascorrervi la notte e riprendere l'indomani il cammino). Egli però non si limita a dire che si è fermato in questo punto, ma cerca di dare una descrizione abbastanza precisa della lava che osserva nelle pareti di questa grotta e della forma dell'intera cavità, indicando anche una possibile genesi dovuta ad espansione di gas vulcanici. La Grotta delle Capre oggi è di difficile individuazione, dato che la zona è stata ricoperta da successivi flussi lavici.

Spallanzani quindi può essere considerato il primo studioso delle grotte di origine vulcanica.

Col tempo le esplorazioni e le ricerche si sono sempre più intensificate ed oggi questo Seminario testimonia l'interesse che la materia suscita e mostra i risultati cui si è arrivati.

BIBLIOGRAFIA

Badin Adolfo, 1868: *Grotte e Caverne*, E. Treves, Milano.

Spallanzani Lazzaro, 1792-1797: *Viaggi alle Due Sicilie*, B. Comini, Pavia.

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.*

*Catania, 1977
pagg. 201/204*

Fabio Brunelli (*) e Blasco Scammacca (**)

LE GROTTE DELL'ETNA: STATO ATTUALE DELLE CONOSCENZE

RIASSUNTO — Le grotte dell'Etna erano già note all'Uomo in epoca preistorica; anche nella letteratura classica e medievale si trovano parecchie citazioni su queste cavità. La prima relazione di una visita a una cavità dell'Etna è dovuta ad Anton Giulio de Amodeo (il Filoteo) e risale alla fine del '500, ma i primi studi organici sulla morfologia del nostro vulcano risalgono alla seconda metà dell' '800.

Nel 1933 Francesco Miceli, socio del C.A.I. e fondatore del Gruppo Grotte Catania, avvia un programma di ricerche che egli stesso sviluppa in un trentennio, gettando le basi del Catasto del Gruppo Grotte Catania.

Vengono descritti i criteri adottati per l'acquisizione delle notizie, la ricerca, l'identificazione e la localizzazione delle cavità e infine la loro esplorazione, il rilevamento topografico e lo studio.

SUMMARY — Etna's caves were known to Man in prehistoric times. Even in classical and medieval history several quotations are found in reference to them. The first report of a visit to one of Etna's caves is by Anton Giulio de Amodeo (il Filoteo) and it is dated 16th century. However the first organic studies on the morphology of our volcano go up to the second half of 19th century.

In 1933 Francesco Miceli, a member of C.A.I. and founder of the Gruppo Grotte Catania, started a research programme which he himself developed through thirty years, laying down the foundations of the Cadastre of the Gruppo Grotte Catania.

A description is given of the criteria used for the acquirement of data, the search, the identification and the localization of the caves and lastly the exploration, survey and study of them.

(*) Gruppo Grotte Catania della Sez. Etna del C.A.I.

(**) Ist. di Botanica dell'Università di Catania; Gruppo Grotte Catania della Sez. Etna del C.A.I.

Le grotte dell'Etna sono conosciute dall'Uomo fin dalla preistoria, come testimoniano i numerosi reperti. E' opinione degli archeologi che queste grotte venissero utilizzate come sepoltura, dato che gli uomini trovavano difficoltà a scavare tombe nella dura roccia vulcanica. In tempi meno remoti i poeti classici fanno riferimento all'Etna ed accennano alle sue grotte come orribili ed immense caverne abitate da esseri soprannaturali.

Il primo speleologo dell'Etna di cui si abbia notizia è del XVI secolo: è infatti nel 1591 che viene pubblicata a Venezia una descrizione dell'Etna con la storia delle sue eruzioni da Anton Giulio de Amodeo, meglio noto come « *il Filoteo* ». In quest'opera l'Autore afferma che sull'Etna vi sono molte grotte e ne cita diverse; e fin qui niente di nuovo, poiché grotte ne citano tanti, anche quelli che sul nostro vulcano non hanno mai messo piede. Il fatto nuovo è che il Filoteo riferisce di una vera e propria spedizione, fatta da lui e da altri, nella Grotta di Monte Dolce, che noi abbiamo ritenuto di identificare con una grotta sita sulle falde Nord del vulcano. Ovvamente la sua descrizione risente ancora molto dell'atmosfera di mistero e di magia che in quel tempo circondava questi fenomeni naturali; è tuttavia di grande interesse, poiché si tratta della prima descrizione di una grotta etnea fatta da una persona che realmente vi si è recata per esplorarla.

Per ritrovare qualcosa di analogo bisogna lasciar trascorrere due secoli. Sono infatti della fine del '700 alcune relazioni di vulcanologi, naturalisti, viaggiatori che occasionalmente citano qualche grotta.

Nell'800 abbiamo Giuseppe Recupero, i fratelli Mario e Carlo Gemmellaro e Wolfgang Sartorius von Waltershausen, grandi studiosi dell'Etna, cui dobbiamo parecchie citazioni e descrizioni di cavità. Essi hanno tutti esplorato la Grotta delle Palombe, ai piedi dei Monti Rossi presso Nicolosi, formatasi durante la famosa eruzione del 1669. Wolfgang Sartorius nella sua opera « *Der Aetna* », del 1880, pubblica un disegno della grotta che è la più antica topografia di cavità vulcanica che noi conosciamo ⁽¹⁾.

Gli studi sulle grotte dell'Etna vengono ripresi in questo secolo da Gaetano Ponte e dal suo allievo Giovanni Gurrieri. Le ricerche si

limitarono tuttavia ad alcune grotte della colata del 1669 ed il proposito di estenderle a tutti i versanti dell'Etna rimase inattuato.

Nel 1933 Francesco Miceli, socio del C.A.I. e fondatore del Gruppo Grotte Catania, scrive un articolo sulle grotte etnee e intraprende uno studio sistematico, e per una trentina d'anni raccoglie pazientemente dati su grotte situate in varie località del vulcano. La parte essenziale del materiale raccolto da Francesco Miceli, cioè lo studio particolareggiato di una decina di cavità ed un elenco di 68 nomi, viene pubblicato nel 1959 da un'altra socia del C.A.I. di Catania, Emilia Poli.

E' appunto studiando questo vero e proprio « *catasto* » di Francesco Miceli, che abbiamo iniziato le nostre ricerche speleologiche sull'Etna, osservando attentamente le grotte da lui descritte e andando alla ricerca di quelle da lui soltanto citate.

Il nostro lavoro comprende una ricerca bibliografica ed un'indagine sul terreno. Per ogni opera consultata abbiamo compilato una *scheda bibliografica estrattiva*, dove abbiamo riportato quanto è di interesse speleologico, mettendo in risalto se si tratta semplicemente della citazione di una grotta, o se ne sono stati trattati argomenti particolari (genesi, morfologia, biologia, ecc.). Se l'opera contiene soltanto una citazione, mettiamo in evidenza se si tratta di una segnalazione originale, cioè della più antica, oppure se si tratta di un richiamo a precedenti lavori. E' da notare che in opere antiche sono spesso citate grotte immaginarie, mai esistite.

Alle informazioni che provengono dalla letteratura si aggiungono quelle fornite dai pastori, dai proprietari dei terreni, dagli escursionisti.

Segue il lavoro sul terreno allo scopo di determinare le coordinate dell'ingresso, e fare il rilevamento topografico e fotografico della cavità. Andiamo sempre a visitare, dopo ogni eruzione, i nuovi apparati eruttivi e le nuove colate per controllare se in essi si sono formate nuove cavità.

Di ogni grotta redigiamo un itinerario di accesso e una descrizione che contenga sinteticamente le principali caratteristiche.

Tutti i dati così raccolti sono trascritti sulle schede catastali destinate a confluire nel Catasto delle Grotte d'Italia della S.S.I.

Le grotte finora esplorate sull'Etna sono più di 150, e per 50 di esse esiste già una notevole documentazione anche fotografica. Il materiale è depositato e consultabile presso la sede del Gruppo Grotte Catania del C.A.I.

⁽¹⁾ Abbiamo voluto riprodurre questo disegno sul frontespizio del nostro lavoro **Grotte vulcaniche di Sicilia** (Catania, 1975), che contiene più estese notizie bibliografiche e i dati relativi alle grotte fino ad oggi conosciute.

Il lavoro che rimane ancora da fare è moltissimo: a parte l'esplorazione delle nuove grotte, vi sono ancora molte cavità già esplorate da topografare e da fotografare.

Domenico Caruso (*)

LA PROBLEMATICA BIOLOGICA DELLE CAVITÀ, NELLE LAVE (compendio)

Pur ammettendo la possibilità che le cavità nelle lave si differenzino per alcuni aspetti particolari dalle cavità carsiche, si ritiene improbabile l'esistenza di una vera problematica biologica ristretta alle cavità vulcaniche.

Qualunque cavità non carsica - quindi anche artificiale - si comporta dal punto di vista biologico come una cavità carsica, purché vengano rispettate certe condizioni ambientali particolari quali elevata umidità relativa, composizione della aria costante, assenza di forti correnti d'aria e di escursioni termiche apprezzabili; inoltre deve essere garantito il rifornimento trofico.

Infatti, mentre all'esterno la catena alimentare è assicurata dalla presenza delle piante verdi, all'interno delle cavità viene a mancare quest'anello poiché l'assenza di luce rende impossibile la fotosintesi clorofilliana; pertanto il rifornimento trofico deve provenire, almeno in parte, dall'esterno. Esso è assicurato in gran parte da processi meccanici di trasporto e i suoi veicoli più importanti sono due: **l'aria**, che trasporta all'interno delle cavità pollini, spore e batteri (*aeroplancton*) che si depositano sull'argilla e sul limo, fornendo il pabulum nutritizio agli animali limivori; **l'acqua**, che penetrando nelle cavità per ruscellamento o percolazione trasporta il vero e proprio *plancton*, composto da microorganismi acquatici, ed anche residui organici di varia natura. Questi apporti trofici forniscono l'alimento non soltanto ai veri troglobi, ma anche ai troglobifli e - a volte - persino ad occasionali troglosseni. Va comunque notato che nelle cavità vulcaniche l'apporto trofico dovuto all'acqua è piuttosto limitato, a causa della natura geologica del terreno. Altri vettori di cibo più o meno occasionali

(*) Istituto Policattedra di Biologia Animale dell'Università di Catania.

possono essere gli stessi animali (in particolare i pipistrelli) o addirittura anche l'uomo. Gli organismi che si nutrono delle sostanze organiche provenienti dallo esterno rappresentano a loro volta il supporto trofico dei predatori cavernicoli.

Un interessante problema riguardante le cavità è quello dell'origine della fauna cavernicola; qui però bisogna ammettere una sostanziale diversità tra il popolamento delle cavità carsiche e di quelle vulcaniche. In genere si ritiene che il popolamento delle grotte carsiche sia avvenuto soprattutto ad opera di specie muscicole e di specie del sottobosco di foreste calde; ma mentre il popolamento di una cavità carsica è progressivo e avviene di massima con l'adattamento della specie all'ambiente, nelle grotte vulcaniche esso avviene soprattutto per opera di specie già predisposte alla vita cavernicola che, per mutate condizioni ambientali esterne, migrano verso un ambiente a loro più congeniale.

Restringendo il problema in argomento alla fauna delle grotte dell'Etna, possiamo escludere la presenza di paleoendemismi, dato che il massiccio etneo è di origine quaternaria; secondo il Prof. La Greca⁽¹⁾ è possibile rinvenire costì dei neoendemismi, discendenti da specie di clima freddo, giunte fin qui durante le glaciazioni quaternarie. Inoltre, data la natura e la databilità del terreno, dovrebbe essere relativamente agevole studiare l'evoluzione del popolamento.

Tuttavia, qualunque tipo di studi si voglia produrre, è necessario procedere preventivamente all'inventario della fauna; e questo lavoro è soltanto agli inizi, sull'Etna, anche se questi inizi sono piuttosto promettenti. Attualmente si stanno studiando alcuni gruppi animali, e sono già state identificate, tra gli Isopodi terrestri, tre specie finora sconosciute in Sicilia; una di queste non è nota neppure in grotte carsiche.

BIOLOGICAL PROBLEMS IN LAVA CAVES

(abstract)

Though there are some possible differences between karst and volcanic caves, it is unlikely that proper biological problems are actually restricted to lava caves.

From the point of view of a biologist there is no difference between karst and non-karst (even artificial) caves, provided some particular conditions are guaranteed: high percentage of relative humidity, invariable air composition,

⁽¹⁾ Titolare della Cattedra di Zoologia presso l'Istituto Policattedra di Biologia Animale dell'Università di Catania.

absence of air turbulence and appreciable thermal range. Furthermore the supply of nourishment should be maintained.

Several processes of nourishment supply are briefly examined, as well as processes of populating both karst and lava caves. An essential difference between populating processes of karst and lava caves is admitted. It should be possible to find neo-endemic species on Mt. Etna (which is Quaternary). Here it should be also possible to study the evolution of cave fauna.

Nevertheless, before any kind of scientific investigation, it is necessary to proceed to the fauna classification, and this job has already been started. Three species of terrestrial Isopoda have been identified, previously unknown in Sicily.

NOTA

A seguito della mancata restituzione del manoscritto corretto per la stampa, si è reso necessario presentare una sintesi della relazione, sulla base della registrazione eseguita durante la seduta del Seminario. Sono stati mantenuti inalterati il significato e il contenuto della relazione, ma si declina ogni responsabilità per eventuali involontarie inesattezze.

La registrazione originale della relazione è a disposizione degli interessati, per l'ascolto, presso la sede del Gruppo Grotte Catania.

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.*

*Catania, 1977
pagg. 209/214*

Efisio G. Picone (*)

PRESENZE UMANE DI ETÀ PREISTORICA NEL TERRITORIO ETNEO

RIASSUNTO — Questa comunicazione intende presentare un quadro schematico dei ritrovamenti archeologici nel territorio etneo; le prime presenze umane sicuramente databili risalgono al Paleolitico superiore, quando cominciano a fiorire le prime forme di società agricole.

Vengono sinteticamente descritti i diversi periodi che si succedono alle falde dell'Etna, con i ritrovamenti che li caratterizzano; la maggior parte di questi sono avvenuti in grotta.

Si sottolinea l'importanza della collaborazione tra la Speleologia e l'Archeologia, purché gli specialisti delle rispettive discipline non invadano il campo altrui.

SUMMARY — This communication aims at presenting a brief summary of the archaeological findings in the Etna territory. The first human traces which can be dated with certainty belong to the upper Palaeolithic when the first models of agricultural communities began to thrive.

The different periods which follow one another on Etna's slopes and the relevant findings are synthetically described. Most of these discoveries occurred in caves.

The importance of cooperation between Speleology and Archaeology is emphasized, provided the specialists in the relevant subjects do not encroach upon each others' field of studies.

(*) C.S.I.A., Centro Siciliano di Iniziativa Archeologica, Siracusa.

La preistoria siciliana costituisce un argomento troppo vasto perché si possa avere la pretesa di compendarne anche un solo aspetto nei limiti ristretti di una comunicazione, destinata per di più ad un convegno incentrato spiccatamente sulla Speleologia; per questo, nonché per altre intuibili considerazioni, la schematica rassegna delle presenze umane di età preistorica nel territorio etneo, per la quale mi sono avvalso della collaborazione dell'amico Augusto La Rosa (¹), non vuole aggiungere nulla di nuovo alla letteratura archeologica esistente in materia, ma piuttosto offrire ai partecipanti alla validissima iniziativa del Gruppo Grotte Catania un quadro storico-archeologico generale tanto più utile ove si ponga mente alle strette connessioni che legano l'Archeologia — specie nella sua branca preistorica — alla Speleologia; cito per tutti l'esempio offerto dall'esplorazione delle cosiddette Stufe di San Calogero (²) di Sciacca, condotta in più campagne a partire dal 1957 dalla Commissione Grotte « E. Boegan » della Società Alpina delle Giulie, nel corso della quale l'archeologo ha strettamente collaborato con lo speleologo e che ha sortito notevolissimi risultati sul piano scientifico con il recupero di materiali archeologici di estremo interesse.

« *L'uomo — scrive il Bernabò Brea — sembra essere arrivato molto tardi in Sicilia* »; ed in effetti le più antiche presenze umane fino ad ora acclarate, cronologicamente non sembrano andare oltre il Paleolitico superiore; stazioni di questa età sono note nella Sicilia nord-occidentale, nel messinese, e nella Sicilia sud-orientale, nel ragusano e nel siracusano. Dico che *non sembrano* andare oltre il Paleolitico superiore, poiché recenti scoperte attesterebbero stazioni paleolitiche più antiche anche nel territorio etneo.

La presenza dell'uomo in forma organizzata comincia a manifestarsi, alle falde dell'Etna, con l'età neolitica a un dispresso tra il quinto e il quarto millennio avanti Cristo, quando queste genti da nomadi si fanno sedentarie e cominciano a fiorire le prime forme di società agricole che, in Sicilia, trovano per così dire il prototipo nella civiltà stentinelliana, così denominata dal villaggio eponimo in prossimità di Siracusa. Ceramiche decorate da impressioni — linee, triangoli, ecc. — praticate sull'argilla prima della cottura con l'unghia o con l'orlo di conchiglie, caratterizzanti la civiltà di Stentinello, assieme a

ceramiche dipinte con bande o fiamme rosse non marginate o marginate di nero, furono rinvenute da Corrado Cafici presso Paternò, nelle stazioni di Trefontane, Poggio Rosso e Fontana di Pepe. Sempre nei dintorni di Paternò furono rinvenuti alcuni vasi, due dei quali appartenenti allo stile meandrospiralico cosiddetto di Serra d'Alto.

Passando ad epoca cronologicamente successiva e cioè all'età del rame, essa è cospicuamente rappresentata nelle sue varie fasi a Trefontane dove furono rinvenute ceramiche dello stile San Cono-Piano Notaro, caratterizzanti la prima fase dell'età dei metalli: trattasi di ceramiche di impasto abbastanza fine, levigato e lucidato esternamente, a superficie monocroma nerastra; la decorazione di queste ceramiche — quando è presente — è praticata prima della cottura ed è generalmente molto semplice, costituita da coppie di linee che sottolineano la struttura del vaso e delineano quasi dei campi metopali. Un solo esemplare rappresenta a Trefontane un particolare tipo di ceramiche detto buccheroide, che nella stratigrafia della Grotta Chiusazza — uno dei caposaldi per la cronologia dei tipi ceramici in essa rappresentati — si trova associato con quelle dipinte a decorazione tricromica, dette del Conzo. La fase avanzata dell'età del rame è rappresentata a Trefontane dalle ceramiche dello stile di Serraferlicchio, dipinte in nero su di un fondo rosso lucido.

Altro centro abitato dell'età del rame nel territorio etneo è rappresentato da Adrano, donde deriva il nome un particolare tipo di ceramiche la cui decorazione è eseguita con colore caffè-latte su di un fondo crema, e secondo schemi sintattici più geometrici rispetto a quelli precedenti; in particolare nei pressi di Adrano, in località Poggio dell'Aquila, è stata rinvenuta una capanna a pianta ovale di rozza fattura, cronologicamente assegnabile ad una fase molto avanzata dell'età del rame.

Con l'età del bronzo, che segue a quella del rame, le presenze umane nell'area etnea si fanno più numerose; in effetti la cultura castellucciana che caratterizza la prima età del bronzo è copiosamente rappresentata a Bronte, Adrano, Biancavilla, Paternò e — a ridosso di Catania — a Barriera e in quella che era un tempo la contrada Novalucello.

Il castellucciano etneo, per determinate peculiarità che in esso si riscontrano — specie alla luce di recenti scoperte, merita una più ampia illustrazione. Anzitutto il tipo di sepoltura usato per l'inumazione dei defunti, generalmente costituito da tombe cosiddette a forno o a grotticella artificiale — tipo che in Sicilia si era venuto generalizzando con l'età del rame — qui assume aspetti differenziati: infatti la particolare natura geologica del terreno ne rende praticamente impossibile l'ado-

(¹) Sovrintendenza alle Antichità per la Sicilia Orientale, Siracusa.

(²) Grotte termali site presso la sommità del Monte Kronio a Sciacca, in provincia di Agrigento.

zione e ci si adatta allora ad utilizzare le grotte di scorrimento lavico frequenti sull'Etna; inoltre le ceramiche presentano sensibili differenziazioni sia di ordine tipologico che decorativo.

A Biancavilla, in contrada Spartiviali, da una grotticella lavica messa in luce nel corso di lavori di sbancamento, provengono numerosissimi frammenti ceramici acromi e dipinti secondo gli schemi decorativi castellucciani. Il Tinè segnala un singolare *pithos* di grandi dimensioni che trova confronto tipologico con i *pithoi* dei magazzini di Knossos, ma decorato con un motivo del tutto inusitato.

Analogamente, durante lavori di sbancamento, venne aperto un ingresso in una galleria di scorrimento lavico in contrada Novalucello, che si rivelò una grotticella funeraria; in essa furono rinvenuti numerosi reperti ceramici in parte decorati con i motivi castellucciani, in parte a superficie lisciata di colore brunastro. Anche in questa grotta sono stati rinvenuti materiali le cui forme e decorazioni sono estranee all'industria siciliana di quest'età.

Il centro castellucciano di maggiore interesse è Adrano: qui si assiste in pratica a tutta l'evoluzione del castellucciano etneo. I rinvenimenti effettuati nelle grotte Pellegriti e Maccarrone possono essere assegnati cronologicamente ad una fase protocastellucciana: le forme vascolari e la sintassi decorativa trovano dei confronti con i tipi caratterizzanti la facies culturale di S. Ippolito, cronologicamente precedente, ma altri elementi quali il tipo di impasto, i colori, le vernici usate, li collocano nell'ambito culturale castellucciano. I rinvenimenti della grotta Pietralunga si collocano invece nel pieno sviluppo di questo stile, mentre i materiali provenienti dalle proprietà Sapienza e Garofalo sembrerebbero appartenere ad una sua fase più tarda.

Dalla grotta Maniace, presso Randazzo, anch'essa grotta di scorrimento lavico usata in funzione funeraria, proviene un frammento ceramico di notevole interesse per lo studio del castellucciano etneo.

Sottolineavo prima l'importanza dei ritrovamenti di Adrano: in effetti essi hanno contribuito a spostare i termini di un problema importantissimo della preistoria siciliana, cioè la genesi e lo sviluppo della cultura di Castelluccio, fino a pochi anni orsono considerata come introdotta in Sicilia dall'avvento di genti portatrici di elementi di civiltà del tutto estranei alla precedente evoluzione culturale. Il Bernabò Brea stabilisce una linea di collegamento tra la prima età del bronzo, che dal castellucciano è caratterizzata con le sue province culturali agrigentina, siracusana ed etnea, e la precedente cultura di S. Ippolito; sono proprio i ritrovamenti delle grotte Pellegriti e Maccarrone che permet-

tono questo collegamento; le ceramiche qui ritrovate, come prima dicevo, sono molto vicine all'orizzonte culturale di S. Ippolito ed hanno strette analogie con i materiali provenienti dalla necropoli di Naro nell'agrigentino, e da quella di Partanna presso Selinunte; ci troviamo allora di fronte ad una linea evolutiva che da S. Ippolito perviene al pieno castellucciano, confermando che più a monte della prima età del bronzo avviene l'arrivo in Sicilia di nuove genti.

Passando ad epoche successive, sempre dalle grotte di Barriera provengono numerose ceramiche dello stile di Thapsos, caratterizzante la media età del bronzo in Sicilia; altri reperti dello stesso stile sono stati rinvenuti a Nizzeti alla periferia di Catania e nell'acropoli di Paternò.

Testimonianze dell'ultima età del bronzo e dell'età del ferro, che immediatamente precede la colonizzazione ellenica dell'isola, provengono da Paternò e da Centuripe.

Dalla breve schematica rassegna dei centri di vita preistorica nel territorio etneo ho volutamente escluso altri importanti centri quali Caltagirone, limitandomi al territorio gravitante intorno al vulcano per restare nei limiti del possibile vicino al tema di questo incontro, che è incentrato sulle grotte laviche.

A mo' di conclusione vorrei aggiungere una considerazione. All'inizio ho accennato ai rapporti che esistono tra Archeologia e Speleologia; dai casi citati risulta evidente che le più consistenti testimonianze della preistoria etnea provengono da grotte, come in grotte in Italia e in tutto il mondo sono state effettuate importantissime scoperte paletnologiche e paleontologiche. Lo speleologo può trovarsi quindi nell'esercizio della sua attività a diretto contatto con reperti archeologici; ora è chiaro che il vero speleologo si guarderà bene dall'invadere un campo che non è il suo; ma quanti sono i giovani e non giovani che — spinti da un malinteso e deviato spirito di avventura — effettuano in proprio esplorazioni che si traducono in veri disastri per l'Archeologia, devastando stratificazioni che opportunamente studiate potrebbero dare risposta a molte domande?

Ecco allora che la Speleologia, condotta com'essa è a livello scientifico, oltre che valida disciplina ausiliaria per l'Archelogia può dimostrarsi sua sussidiaria nell'educazione e nella sensibilizzazione di coloro, e sono tanti, che avvertono il fascino del mondo sotterraneo. E' quello che, d'altra parte, da anni fa il Gruppo Grotte Catania.

BIBLIOGRAFIA

- Bernabò Brea L., 1968-1969: *Considerazioni sull'eneolitico e sulla prima età del bronzo della Sicilia e della Magna Grecia*; « Kokalos », XIV-XV, Palermo.
- Bernabò Brea L., 1972: *La Sicilia prima dei Greci*; Il Saggiatore.
- Cafici C., 1915: *Stazioni preistoriche di Trefontane e Poggio Rosso in territorio di Paternò*; Mon. Ant. Lincei, XXIII.
- Cafici C., 1920: *La stazione neolitica di Fontana di Pepe*; Atti Acc. Sc. e Lett. di Palermo, XII.
- Orsi P., 1898: s.v. *Barriera*; Not. Sc. Ant.
- Orsi P., 1907: s.v. *Barriera*; B.P.I., XXXIII.
- Sluga Messina G., 1971: *Motivi figurativi nella ceramica castellucciana*; Cron. di Arch. e St. d. Ar.; Catania, X.
- Tinè S., 1960: *Giacimenti dell'età del rame in Sicilia e la « cultura tipo Conca d'Oro »* (s.v. *Territorio Etneo*); B.P.I., n.s. XIII.

*Atti del
Seminario sulle Grotte Laviche
Catania, 27-28 agosto 1975*

*Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.
Catania, 1977
pagg. 215/229*

Salvatore Cucuzza-Silvestri (*)

LE GROTTE VULCANICHE DELL'ETNA E IL LORO STUDIO

RIASSUNTO — Lo studio delle grotte laviche conta all'estero una nutrita schiera di cultori, e non soltanto per motivi speleologici o morfologici; al contrario, in Italia e anche localmente, tale studio è stato finora piuttosto trascurato.

Nella letteratura riguardante le grotte laviche di Sicilia si possono distinguere tre periodi: il primo, informativo, va dal 1591 fino al 1933; il secondo, delle ricerche individuali, fino al 1974; il terzo della ricerca metodica, inizia con la pubblicazione delle notizie catastali sulle grotte laviche di Sicilia, nel 1975. Il merito di questa evoluzione va al *Gruppo Grotte Catania* e ai suoi animatori.

La pubblicazione dei dati catastali e l'organizzazione del *Seminario sulle Grotte Laviche* sono la premessa per un lungo e impegnativo lavoro che può abbracciare molti campi delle Scienze Naturali.

Viene suggerito un programma schematico di lavoro che possa servire come guida per le ricerche che potranno essere fatte in questo campo.

SUMMARY — The study of lava caves abroad boasts a solid following of scholars, and not only for speleological and morphological reasons. On the contrary up to now in Italy, and even locally, this field of study has been rather neglected.

In the literature three stages regarding lava caves in Sicily can be distinguished: the first, informative, beginning in 1591 and ending in 1933; the second, containing individual studies, goes up to 1974; the third, of methodical research, beginning in 1975 with the publication of the Cadastral Notes on Sicily Volcanic Caves. Credit for this evolution goes to the *Gruppo Grotte Catania* and its leaders.

The publication of the Cadastral Notes and the organization of the *Lava Caves Seminar* are the forward to long and laborious researches and studies in many Natural Sciences fields.

A schematic work programme is suggested, that can be used as an eventual guide line for future researches in this field.

(*) Ist. di Vulcanologia dell'Università di Catania.

Lo studio delle grotte esistenti in un ambiente vulcanico non è necessariamente vincolato ad interessi esclusivamente speleologici, geografici o morfologici; questo Seminario sulle Grotte Laviche ne è la prova tangibile.

Ma ancor prima che tale lodevole iniziativa aprisse questo discorso negli ambienti scientifici italiani, una vasta schiera di studiosi ed esperti stranieri (americani, inglesi, australiani, spagnoli, ecc.) si dedicava già da anni con rigorosa serietà ad indagini e studi speleo-vulcanologici, segnalando tra l'altro una serie di problemi connessi non solo con le caratteristiche più spiccatamente morfologiche delle cavità di vario tipo studiate nelle diverse zone vulcaniche della Terra, ma anche con i meccanismi eruttivi, con le caratteristiche chimico-fisiche delle masse laviche fluenti e con tutta una vasta gamma di fattori morfogenetici, ai quali si sono voluti accostare perfino quelli dell'ambiente lunare; fattori che certamente non possono essere ignorati dalla Vulcanologia moderna, sebbene essa sia stata orientata finora quasi esclusivamente verso problemi magmatologici e geologici generali.

A tal proposito, pur rimandando alle vaste e aggiornate bibliografie contenute rispettivamente nelle Dispense del III Corso di Speleologia del Gruppo Grotte Catania (1974-1975) e nella recente pubblicazione di Brunelli e Scammacca (1975), si ritiene opportuno ricordare qui i lavori di Greeley (1971a, 1971b, 1972), di Montoriol-Pous (1972, 1973), di Ollier (1963, 1965), di Peterson e Swanson (1974) e di Wood (1974)⁽¹⁾, nonché le interessanti pagine con descrizioni di grotte vulcaniche e spiegazioni genetiche che molti studiosi inseriscono nei loro testi di Vulcanologia e/o di Morfologia vulcanica, come, ad es., Cotton (1944), Perret (1950), Rittmann (1960), Tazieff (1961), Bullard (1962), Green e Short (1971), Macdonald (1972); così come vanno ricordati i numerosi e interessanti articoli pubblicati ormai da diversi anni in riviste e bollettini di Speleologia.

La Speleologia in ambiente vulcanico, o meglio ancora la Vulcanospeleologia, può dunque essere considerata a buon diritto una specializzazione di notevole importanza tra le tante riguardanti le Scienze della Terra.

⁽¹⁾ Questi Autori hanno aderito al presente Seminario con la presentazione o con l'invio di Note originali (Vedi Atti).

Ora si vuole qui di seguito passare in rapida rassegna ciò che è stato già fatto nel nostro territorio e ciò che si ritiene si possa fare in un prossimo futuro.

Va subito detto che l'interesse che le grotte vulcaniche di Sicilia hanno destato finora nell'ambiente scientifico locale e nazionale non è stato eccessivo, anche se in letteratura esistono diversi accenni a grotte, antri, spelonche, cavità, archi, ecc., tanto in riferimento all'ambiente etneo quanto a quello siciliano in genere. Si rinvia ancora una volta per la bibliografia, alle citate Dispense del Gruppo Grotte Catania (1974-1975) e al lavoro di Brunelli e Scammacca (1975). Va comunque sottolineato che in una schematica rassegna dei lavori finora pubblicati, bisogna distinguere almeno *tre periodi*, caratterizzati da alcune importanti pubblicazioni che sicuramente rimarranno nella storia della Speleologia siciliana e che fanno onore agli Autori e all'ambiente culturale isolano.

Il *primo* periodo comprende citazioni, segnalazioni, descrizioni, ecc., più o meno saltuarie e frammentarie, che hanno una certa importanza storica. Tale periodo, che può considerarsi iniziato con Anton Giulio de Amodeo (detto anche Filoteo) nel 1591, comprende gran parte delle opere di carattere generale sull'Etna, sulle Eolie e sulle altre isole vulcaniche minori della Sicilia. Si ricordano i lavori di Kircher, di Recupero, di C. Gemmellaro, di Sava, di Sartorius von Waltershausen, dell'Arciduca Salvatore di Asburgo, di Stoppani, ecc. Questo periodo d'indagine vulcano-speleologica — che si potrebbe definire essenzialmente *informativo* — si completa intorno agli anni '30 dell'attuale secolo con il lavoro di Ponte (1923), la tesi di laurea e i lavori di Gurrieri (1934-1935) e la prima pubblicazione del 1933 di Miceli (Cfr. Bibliogr. in Brunelli e Scammacca, 1975).

Successivamente soprattutto per iniziativa dello stesso Miceli, che opera nell'ambito della Sezione dell'Etna del Club Alpino Italiano, le ricerche sulle grotte vulcaniche ricevono un'impostazione metodica: inizia così il *secondo* periodo di ricerche, improntato ad un orientamento più rigoroso rispetto alle segnalazioni frammentarie del periodo precedente, sebbene in linea di massima le ricerche stesse siano ancora prevalentemente dovute all'iniziativa individuale. Vanno qui ricordati i lavori editi e inediti di: Miceli (1954, 1954-55, 1964), Speranza (1950), Harting e Schuller (1952), Cumin (1954), Cucuzza Silvestri (1957, 1963-64, 1970), Poli (1959a, 1959b), Santonocito (1969), Condarelli (1974), Croissant (1972), Biffo e Cucuzza Silvestri (1974; vedi Appendice alla presente relaz.), Ferraris (1974). Chiudono questo periodo le citate Di-

spense del Corso di Speleologia a cavallo tra il 1974 e il 1975, preparate a cura del G.G. Catania.

Nel 1975 inizia il *terzo* periodo di ricerche con la più volte menzionata pubblicazione sulle grotte vulcaniche di Sicilia di Brunelli e Scammacca. Quest'opera, che rende pubbliche delle preziosissime notizie catastali, mentre conclude un ciclo che si potrebbe ritenere di preparazione ne apre decisamente un altro di esecuzione durante il quale dovranno essere messe in opera le esperienze, i suggerimenti e le tecniche che la moderna ricerca razionale e serena mette a disposizione di chi, scevro da non encomiabili interessi personali, ama veramente le scienze della Terra e in particolare la Speleologia e la Vulcanologia; scienze queste che, affiancate, possono trovare anche in questa meravigliosa Sicilia tanto fertile terreno di indagine⁽²⁾.

* * *

Da che cosa, e perché è stata determinata la maturazione di quest'ultima fase dello studio delle grotte vulcaniche della Sicilia? Per rispondere ci si deve rifare ancora alla storia delle attività degli speleologi del Club Alpino Italiano di Catania.

Per iniziativa di Francesco Miceli nel 1933 nasce e comincia ad operare in seno al citato Club un Gruppo speleologico composto da giovani e non giovani, tutti cultori della Montagna, della Natura, della Vita. L'attività di questo gruppo e le varie tappe del suo sviluppo possono essere così schematizzate: esso esiste già nel 1933, quando per la prima volta ne dà notizia lo stesso Miceli attraverso i suoi scritti; nel 1952 il gruppo viene citato per la prima volta nei verbali del Consiglio Sezionale, come Gruppo Grotte del C.A.I.; in questa veste esso prosegue l'attività fino al 1964, quando Miceli è costretto ad allontanarsi per motivi di salute.

Segue una breve pausa fino al 1968, poi l'attività viene ripresa con Condarelli, Poli, Scammacca e altri. Da questo momento il Gruppo è in costante ascesa: nel 1971 partecipa a Trieste alla prima riunione dei Gruppi Speleologici del C.A.I.; nel 1972 è a Genova all'XI Congresso di Speleologia con una Relazione di Condarelli; è sempre presente a

⁽²⁾ Circa l'efficacia della collaborazione fra speleologi e vulcanologi va ricordata, a mo' di esempio, la recente esplorazione del fondo craterico del Vesuvio (Piciocchi, 1975).

convegni, congressi, incontri anche negli anni successivi. Nel 1975 organizza questo Seminario che è il primo del genere che si realizzi in Europa e nel mondo. (A questo punto è doveroso rivolgere un elogio ed un ringraziamento a tutti coloro che hanno curato l'organizzazione di questo riuscito e certamente proficuo incontro scientifico e specialmente a Giuseppe Licita, Domenico Condarelli, Armando Di Paola, Giancarlo Santi, Giuseppe Sperlinga).

Fra le varie recenti attività del Gruppo vanno ricordati gli annuali Corsi di Speleologia (l'ultimo dei quali ha portato alla pubblicazione delle citate Dispense), realizzati anche con la collaborazione di Docenti universitari, e la collaborazione prestata all'organizzazione di un corso di Biospeleologia, curato dall'Istituto Policattedra di Biologia Animale dell'Università di Catania. Inoltre nella sede del Gruppo viene curata la realizzazione di un archivio fotografico, di una biblioteca e di uno schedario catastale.

* * *

Viene ora da domandarsi cosa rimanga ancora da fare.

Molto, forse moltissimo, come è stato detto anche in altre Relazioni. Sia consentito a questo punto fare un rapido e schematico elenco di argomenti e di programmi che possono servire come suggerimento o traccia per eventuali futuri piani di studio e per ricerche più specialistiche, senza la benché minima pretesa di volere definitivamente esaurire l'argomento.

Innanzitutto è necessario completare i lavori più decisamente speleologici attualmente in corso di realizzazione, con rilevamenti topografici di dettaglio delle grotte già identificate, con descrizione degli itinerari, delle cavità secondarie, ecc. Sarebbe inoltre opportuno avviare una serie di studi e ricerche di carattere più spiccatamente geo-vulcanologico, fisico, chimico-fisico, mineralogico e petrografico, meteorologico, biologico, storico, archeologico e paletnologico.

Infine andrebbe pianificata una serie di studi sulla genesi delle cavità, con opportune correlazioni e comparazioni con quanto è dato di sapere e con quanto si sta facendo in altre zone vulcaniche della Terra. Anche Wood, nella sua Relazione presentata in questo Seminario, ha sottolineato l'esigenza di questo raffronto per una più approfondita comprensione del problema.

Ecco dunque un panorama di tutto ciò che rimane da fare per le grotte dell'Etna. Ma tutto questo non è scoprire il mondo; basta legge-

re le domande riportate sulla nota scheda del Catasto Nazionale...³

A quanto esposto, si vuole ora aggiungere qualche suggerimento personale, sottolineando via via alcuni elementi da tenere presenti per ricerche specifiche sulle nostre grotte laviche.

Innanzitutto si suggerisce di chiarire nel miglior modo possibile, e con abbondante documentazione, quali *rapporti* abbiano (o abbiano avuto) le grotte in studio con i relativi apparati eruttivi (bocche esplosive, bocche effusive, sfiatatoi, fratture eruttive sia d'alimentazione lavica sia « secche », « pozzi » eventualmente beanti durante l'eruzione o post-eruttivi), con fenomeni sismici e/o simo-tettonici e/o vulcano-tettonici, con collassi « calderici » o « pseudo-calderici », con più fratture (dovute eventualmente a più eruzioni), con più collassi, con riempimenti lavici anche se posteriori all'eruzione, con riempimenti piroclastici eventualmente anch'essi posteriori all'eruzione, e così via.

Nelle grotte cosiddette di *scorrimento* dovrebbero essere controllati fra gli altri i seguenti elementi: la contropendenza del pavimento esistente spesso in prossimità dello sbocco in superficie, il valore della spinta idrostatica a monte, la formazione delle *morene* laterali e frontali delle colate interessate, i *cordoni* e i *rotoli* alla base delle gallerie, la struttura e la morfologia delle volte, delle pareti, del pavimento, i diversi livelli di scorrimento che si possono trovare in una stessa grotta, ecc.⁴.

(³) Gran parte delle tracce di programma di cui sopra è inserita nelle « istruzioni » alla compilazione delle *schede del Catasto Nazionale* a cura della S.S.I. (Circolare n. 3 - novembre 1973) dove, fra gli altri, sono elencati i seguenti elementi fra le « Caratteristiche interne » (II parte delle schede):

Informazioni sull'uso della grotta, come — per es. — se essa è « turistica », ecc.

Circa il *livello di documentazione*, sono richieste notizie su: documentazione fotografica, studi geologici, mineralogici, idrologici, meteorologici, ed ancora su ricerche biologiche, mediche, paleontologiche e paletnologiche, oltre a notizie storiche e circa la storia delle esplorazioni ed infine sull'utilizzazione.

A proposito della *natura della grotta*, si chiede se essa sia vulcanica, tettonica, colica, marina, lacustre, fluviale, di frana o di altro tipo.

Le *proprietà idriche* della grotta comprendono chiarimenti se essa è assorbente, emittente se vi sono corsi interni o rami fossili di corsi d'acqua, se è termale, se vi esiste ghiaccio o neve e se vi sono problemi idrici vari.

(⁴) Qui va fatta una parentesi: viene da chiedersi se sia opportuno usare il termine *scorrimento* o piuttosto *svuotamento* o piuttosto ancora *scolamento* o addirittura *distacco* (della massa lavica fluida da una parte più esterna che si è già solidificata o comunque irrigidita). Anche su questo sarebbe opportuno giungere quanto prima ad una valida conclusione.

Tutti questi elementi andrebbero accuratamente esaminati grotta per grotta; ad avere una sua propria *personalità* non è soltanto ogni singolo vulcano, come sostiene anche Rittmann, ma addirittura ogni singola grotta vulcanica...

Particolare attenzione dovrebbe essere rivolta ad eventuali grotte di scorrimento sottomarino: da quanto risulta, ne sono state finora identificate soltanto un paio in tutto il mondo, dato che la loro formazione dovrebbe essere piuttosto problematica. Ma va accertato se le colate al loro ingresso in mare perdono veramente la capacità di formare delle gallerie sicuramente « di scorrimento », o se invece la scarsità di notizie su questo tipo di gallerie non sia dovuta piuttosto a difficoltà di esplorazione e di indagine; ai sommozzatori del Gruppo la soluzione di questo problema! Altri interessanti particolari potrebbero riguardare le singolari grotte nei dicchi e nei sills, le grotte presso sfiatatoi e *hornitos*, quelle — di varia natura — lungo i litorali lavici (Cfr., per es., Cucuzza Silvestri, 1970) e lungo i corsi d'acqua ed infine quelle « umane ».

Sarebbe poi opportuno studiare i rapporti tra le grotte laviche e la circolazione e l'alimentazione delle falde idriche freatiche e/o profonde. Parlando di grotte in colate laviche si è indotti subito a pensare all'*epidermide* del vulcano, e quindi ad escludere qualunque rapporto tra le grotte stesse e la circolazione idrica relativamente profonda. Ma se l'intera massa del vulcano è interessata da gallerie — fatto assolutamente da non escludere! — alcune di queste saranno senza dubbio invase da acque circolanti. Pertanto, anche attraverso l'osservazione e lo studio delle gallerie accessibili, si potrebbero dedurre utilissimi dati su quelle più profonde e quindi sui rapporti con i vari tipi di falde idriche.

Da non trascurare sono inoltre i rapporti tra grotte laviche e fenomeni termali, anche se sull'Etna il termalismo non è conosciuto (Facca, 1964; Mongelli e Morelli, 1964). E infine i rapporti tra le grotte laviche e i fenomeni meteorologici locali (p. es. presenza in grotta di ghiaccio o neve, come nella Grotta del Gelo - vedi Appendice alla presente Relazione; cfr. anche Mongelli, 1961).

Per studi di tipo fisico, chimico-fisico o mineralogico-petrografico, poi, si potrebbe proporre un'altra serie di suggerimenti. Quando si ipotizzano fenomeni di *rifusione*, bisognerebbe verificare se si tratti dell'effetto di un'azione esclusivamente termica, o se avvenga contemporaneamente un'aggressione chimica da parte dei gas, cioè se all'azione fisica si aggiunge anche quella chimica; e bisognerebbe fra l'altro veri-

ficare se l'innalzamento di temperatura è effettivamente dovuto a reazioni esotermiche. E l'ambiente della grotta in via di formazione, alla luce di questi fenomeni, è ossidante o riducente?

Inoltre sarebbe interessante stabilire la durata minima del tempo di scorriamento della massa fluente all'interno della galleria affinché si abbia un'azione efficace sulla volta e sulle pareti della galleria stessa; così pure andrebbe verificato se la lava fluente possa ricoprire le pareti della galleria con una specie di intonaco (a questo proposito si controlli attentamente la più probabile genesi appunto dei *cordoni* e dei *rotoli* di lava alla base delle pareti, dalla presenza dei quali Rittmann ha derivato le sue ipotesi speleogenetiche; vedi Atti del presente Seminario).

Andrebbero studiati sul posto — grotta per grotta — i fenomeni di moto laminare e di turbolenza; i rapporti tra teorie reologiche e fenomeni reologici osservati direttamente; le variazioni di viscosità della lava a diverse profondità a partire dalla luce della grotta; i distacchi di *lamine*; gli eventuali *spruzzi* della lava fluente che potrebbero raggiungere la volta o le pareti della galleria; i riempimenti e gli svuotamenti, totali o parziali; le eventuali variazioni di portata che si verificano talvolta con andamento ritmico o che si succedono a *scatti* improvvisi; la formazione di più livelli; la formazione delle stalattiti; gli stillicidi e/o i gocciolatoi di lava coeva e non; la formazione degli *ingressi* e/o delle *uscite* e/o dei *lucernari*; i crolli coevi e/o post-eruttivi per rifusione o per spinte o per altro; la viscosità della lava del pavimento (corde? blocchi? lastre?); le eventuali strutture prismatiche; lo stato di impermeabilizzazione; ecc.. Andrebbero ancora verificate rispettivamente l'azione erosiva sul fondo, con eventuale cattura di altre gallerie o comunque di altre cavità coeve e non coeve, e quindi l'azione della lava fluente sulle rocce incassanti (lave preesistenti, tufi compatti, tefra, rocce di altra natura, ecc.), la presenza di gas allo stato attuale e/o in rapporto all'instaurarsi di nuovi apparati più o meno vicini. Si dovrebbero inoltre condurre studi mineralogico-petrografici di dettaglio sulla natura della roccia madre, delle stalattiti, delle incrostazioni, dei depositi salini coevi all'eruzione ovvero di quelli di percolazione, della patina vettrosa che riveste le cavità, delle sue diverse incrostazioni più o meno colorate, ecc. (ancora sufficientemente valide sono in proposito, per es., le osservazioni di Lacroix, 1936), sui rapporti fra le diverse bollosità riscontrabili sulle pareti, sul fondo, sui *rotoli* tenendo conto anche della cristallinità, della porfiricità e così via; sulla natura e sulla genesi del materiale di degradazione spontanea e su quello dovuto a depositi successivi; ecc..

Per la datazione delle lave (e quindi delle relative gallerie sicura-

mente coeve), potrebbe essere eventualmente usato il metodo indiretto (De Fiore, 1914): se per esempio dentro una grotta si rinviene un reperto archeologico di una determinata età, quella cavità e pertanto quella lava saranno ovviamente di epoca anteriore al reperto stesso⁵.

Ai risultati che si potrebbero raggiungere attraverso le ricerche sommariamente sopra elencate andrebbero naturalmente aggiunti quelli non meno importanti relativi alle indagini biologiche (Cfr., per es., Caruso e Brisoletti, 1974), storiche, paletnologiche (cfr. per es., Basile, 1891; Orsi, 1932; Tiné, 1960-61; Messina, 1968), ecc. A questo punto si ritiene che si possa giungere con sufficiente attendibilità a considerazioni di tipo genetico, avendo sempre la massima cautela nelle conclusioni ed evitando raggruppamenti ed inquadramenti più o meno rigidi su proposte e schemi elaborati a tavolino.

* * *

Prima di concludere la presente schematica relazione si vuole suggerire che venga chiarita la terminologia, poiché esiste grande confusione non soltanto fra gli studiosi italiani e quelli di altri paesi (spesso certi termini non riescono chiari se non sono accompagnati da una lunga spiegazione), ma anche tra gli stessi ricercatori italiani dato che molti termini della Speleologia vulcanologica provengono da quelli usati nella Speleologia classica e nella Geografia fisica ma non sempre con lo stesso significato. Si propone quindi la stesura di un *Glossario*, di un prontuario cioè che ci consenta di capirci l'un l'altro, senza dover equivocare sui termini e sul loro significato specifico (cfr. anche Bini e Cappa, 1974).

* * *

Lo studio delle grotte vulcaniche assume *in conclusione* un notevole interesse nel quadro delle Scienze della Terra, tenendo conto tra l'altro:

⁽⁵⁾ Bisogna tuttavia fare molta attenzione in quanto in una colata lavica da datare ci si può imbattere inavvedutamente nelle cosiddette *dagale* (termine d'origine araba che localmente significa *isole*; in hawaiiano corrisponde a *kipuka*; Cucuzza Silvestri, 1973-1974), cioè in limitate zone — costituite per lo più da affioramenti lavici più antichi — circondate interamente da lava più recente. Se la distinzione fra le due lave con l'andar del tempo non è più netta ed evidente, si può incorrere in gravi errori di ubicazione di una data grotta (contenente reperti utili per la datazione) e conseguentemente si può correre il rischio di attribuire un'epoca di messa in posto assolutamente inesatta alla presunta colata madre.

- dell'importanza del suo contributo alla conoscenza della morfologia e quindi delle varie condizioni di giacitura, di progressione di raffreddamento e di altre proprietà delle masse laviche in movimento; ovvero alla conoscenza di eventuali differenze fra masse laviche di diversa età e composizione e di diverso meccanismo eruttivo o anche delle masse laviche della stessa eruzione quando queste si riversano parzialmente su differenti versanti o a diverse quote o in ambienti diversi, ecc;
- della sua importanza per comprendere i meccanismi di drenaggio sia in relazione a penetrazioni magmatiche non affioranti (Cfr. per l'Etna quanto è detto, per es., in Ponte, 1914) o sia in relazione a colate laviche vere e proprie; ed ancora per lo studio comparato della morfologia dei nostri vulcani e di quella di altri corpi celesti (cfr.: Autori vari, 1974; Fielder e Wilson, 1975; Greeley in Atti del presente Seminario);
- della sua importanza ancora per reperire elementi eventualmente validi circa le caratteristiche e le variazioni climatico-meteorologiche della zona, del versante, dell'ambiente in genere (vedi Appendice);
- della sua importanza infine come fattore caratterizzante dell'ambiente (cfr. anche Licitra, 1974) o per un'eventuale utilizzazione spiccatamente scientifica (vedi Jones, 1965) e/o per un eventuale razionale valorizzazione turistico-culturale delle cavità naturali (cfr. ancora Appendice).

* * *

Da ultimo, a modesto avviso dello scrivente, si potrebbe pensare di appoggiare il Catasto delle grotte vulcaniche di Sicilia presso un Istituto universitario quale — per esempio — l'Istituto di Vulcanologia, che potrebbe tuttora dare qualche contributo allo sviluppo della Speleologia vulcanologica; proprio in questo Istituto, si ricorda ancora, lavorarono i primi studiosi contemporanei in questo campo, e da qui uscirono i primi lavori sulle grotte dell'Etna ad opera di Ponte, Guerrieri, Cumin.

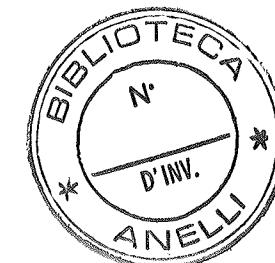
RELAZIONE PRELIMINARE ALLA DIREZIONE DELL'ISTITUTO
DI VULCANOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ DI CATANIA SULLA
IMPORTANZA SCIENTIFICA DELLA GROTTA DEL GELO (ETNA)

*da parte dell'Ing. Luigi Biffo e del Prof. Salvatore Cucuzza-Silvestri
(dicembre 1974)*

Importanza geo-vulcanologica e speleologica. La Grotta del Gelo, il cui accesso è sito a quota 2030 s.l.m. sul versante Nord dell'Etna, nella zona della cosiddetta *Sciara del Follone* (territorio del Comune di Randazzo), è un caratteristico esempio di cavità originata da meccanismi eruttivi, essendo prodotta dal parziale svuotamento di una colata lavica, ed è abbastanza singolare per la notevole ampiezza, che supera quella media delle comuni grotte di detto vulcano. Ciò è da mettere in relazione con i diversi fattori che ancora non sono ben conosciuti e che riguarderebbero il tipo di eruzione, il chimismo, la temperatura e la viscosità della massa lavica nonché la morfologia, la piezza — potrebbe far pensare all'eventuale esistenza di altri tronchi finora nascosti e quindi inesplorati, che se rintracciati, potrebbero essere oggetto di un ampio studio speleologico-vulcanologico inteso a chiarire meglio — fra l'altro — la genesi della grotta stessa ed i fattori determinanti delle sue principali caratteristiche.

La cavità della Grotta del Gelo può consentire anche degli studi sulla geochimica dei gas eventualmente esistenti o che in particolari circostanze (fenomeni eruttivi più o meno vicini, con apertura di nuove fratture, o con riattivazione di sistemi di fratture già esistenti, o con la formazione di sfiatatoi o/e di altre cavità, ecc.) si possono liberare dal sottosuolo.

Una « base » scientifica, opportunamente impiantata ed attrezzata in questa località, isolata sul versante settentrionale del vulcano intorno a quota 2000, potrebbe inoltre servire per integrare la rete di rilevamento geofisico del vulcano. La profondità e l'ampiezza della grotta potrebbero anche incoraggiare l'iniziativa di un impianto in questa



zona di strumenti clinografici di precisione e di altre apparecchiature a registrazione automatica.

La Grotta del Gelo si ritiene che abbia — d'altra parte — una grande importanza dal punto di vista della speleologia generale, come esempio di grotta vulcanica di grandi dimensioni, con presenza di ghiaccio a quota relativamente modesta, data la latitudine. Nell'area del Mediterraneo infatti non esiste altra grotta vulcanica con queste singolari caratteristiche.

Data l'imponenza della massa di ghiaccio presente durante tutto l'anno è presumibile che l'accumulo risalga a tempi relativamente lunghi e pertanto diventa di notevole interesse accertarne l'età, il meccanismo di formazione, il tipo di evoluzione ed il ricambio che con gli studi che s'auspica siano intrapresi possono essere correlati con le condizioni climatiche di tutto il periodo di vita della grotta in questione e con riflessi su un approfondimento del — relativamente prossimo — passato climatologico dell'Etna e delle sue eventuali previsioni di sopravvivenza del particolare equilibrio termico-climatologico che è alla base del fenomeno.

Dalla conoscenza del sistema di formazione di questa massa di ghiaccio si potrebbe ipotizzare sull'esistenza di analoghi depositi « glaciali » anche in altre cavità attualmente non accessibili sia in questa stessa zona sia in altri settori dell'Etna.

Da una valutazione dei dati di equilibrio che scaturiranno da uno studio appositamente condotto si auspica che si possano trarre importanti previsioni sui pericoli di degradazione che potrebbero derivare a questo *eccezionale ambiente* da un non sporadico afflusso di visitatori, pericolo che dato l'attuale sviluppo delle vie di accesso e dei flussi turistici sull'Etna non è da considerarsi remoto nel tempo.

Dal punto di vista biologico generale l'esistenza di una cavità favorevolmente orientata verso la massima insolazione (l'imboccatura è infatti esposta a mezzogiorno) e la presenza di abbondante acqua durante la stagione calda fanno ritenere che possano sussistere interessanti condizioni di vita in relazione al particolare ambiente etneo. Anche ad un esame superficiale della grotta e delle anfrattuosità esistenti nelle lave immediatamente circostanti risulta l'esistenza di una notevole vegetazione e di svariate presenze faunistiche, in atto non documentate.

Con riferimento ai punti segnalati nella presente relazione preliminare si ritiene che si debba perfezionare un programma di ricerca multidisciplinare che si auspica possa essere finanziato anche dal C.N.R., oltre che dalle istituzioni scientifiche locali.

LAVORI CITATI

- Autori vari, 1974: *Guidebook to the Hawaiian Planetology Conference*. A cura di Greeley R., Univers. S. Clara, pp. 1-257, Santa Clara.
- Basile G., 1891: *Sopra un villaggio trogloditico preistorico dell'epoca neolitica esistente a Nord della Città di Catania*. Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat., N.S., fasc. 18-19, pp. 22-25, Catania.
- Biffo L., Cucuzza Silvestri S., 1974: *Relazione preliminare alla Direzione dell'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania sull'importanza scientifica della Grotta del Gelo (Etna)*. In: Appendice alla presente Relazione di S. Cucuzza Silvestri.
- Bini A., Cappa G., 1974: *Proposta di ammodernamento della simbologia per rilievi di cavità naturali sotterranee*. Boll. Assoc. It. Cartogr., N. 31, pp. 97-108, Benevento.
- Brunelli F., Scammacca B., 1975: *Grotte vulcaniche di Sicilia (Notizie catastali)*. Gruppo Grotte Catania, C.A.I. - Sez. Etna, Tip. Coniglione, pp. 1-62, Catania.
- Bullard F. M., 1962: *Volcanoes. In history, in theory, in eruption*. Univers. Texas Ed., pp. 1-441, Austin.
- Caruso D., Brisoilese S., 1974: *Ricerche bio-ecologiche sulla fauna delle grotte di Sicilia. I. Isopodi terrestri delle grotte vulcaniche dell'Etna*. Animalia, Vol. I, N. 1-3, pp. 123-133, Catania.
- Condarelli D., 1974: *Le grotte vulcaniche, loro genesi e morfologia*. Congr. Naz. Speleol. (Genova 1972). Rass. Speleol. It., Mem. XI, Vol. 2, pp. 29-31, Como.
- Cotton C. A., 1944: *Volcanoes as landscape forms*. Whitcombe & Tombs Ed., pp. 1-416, Christchurch.
- Croissant P., 1972: *Exploration d'une grotte de lave a l'Etna (Sicile)*. Spelunca, Vol. XII, N. 4, pag. 102, Parigi.
- Cucuzza Silvestri S., 1957: *L'apparato eruttivo laterale del 1819 in Valle del Bove (Etna)*. Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat., Ser. IX, Vol. III, fasc. 8, pp. 387-412, Catania.
- Cucuzza Silvestri S., 1963-1964: Voce: *Lava, Tunnel di*. In: Encycl. « Nel Mondo d. Natura », F. Motta Ed., Vol. 9, pag. 736, Milano (II Ed.: « Encycl. d. Terra », Vol. II, pp. 874-875, Milano, 1973-1974).
- Cucuzza Silvestri S., 1970: *Il litorale lavico dell'Etna, con particolare riferimento alla zona di Catania*. Pubbl. Cattedra Vulcanol. Univ. Catania, pp. 1-16, Catania.
- Cucuzza Silvestri S., 1973-74: Voce: *Dagala*. In: « Encycl. d. Terra », F. Motta Ed., Vol. I, p. 407, Milano.
- Cumin G., 1954: *Grotte e caverne nei terreni vulcanici con particolare riferimento all'Etna*. Stromboli, N. 3, pp. 3-5, Messina.
- De Fiore O., 1919: *Come è stato e come dovrebbe essere studiato l'Etna*. La Stampa Ed., pp. 1-445, Catania.
- Facca G., 1964: *Un ciclo di ricerche geotermiche sull'Etna*. Riv. Mineraria Sic., Vol. 15, N. 25-87, pp. 66-77, Palermo.

- Ferraris L., 1974: *Diario di una escursione in « grotta lavica » con il G.G. del C.A.I. - Catania*, Annuario speleol. 1972-73, CAI, pp. 35-36, Napoli.
- Fielder G., Wilson L., 1975: *Volcanoes of the Earth, Moon and Mars*. Elek Ed., pp. 1-126, Londra.
- Greeley R., 1971a: *Observations of actively forming lava tubes and associated structures, Hawaii*. Modern. Geol., Vol. II, pp. 207-223, Belfast.
- Greeley R., 1971b: *Geology of selected lava tubes in the Bend area, Oregon*. Bull. Dep. Geol. Miner. Ind. Oregon, N. 71, pp. 1-47, Portland.
- Greeley R., 1972: *Additional observations of actively forming lava tubes and associated structures, Hawaii* Modern Geol., Vol. III, pp. 157-160, Belfast.
- Green J., Short N. M., 1971: *Volcanic landforms and surface features*. Springer Ed., pp. 1-519, Berlin.
- Gruppo Grotte Catania, 1974-1975: *Terzo corso sezionale di Speleologia*. Dispense ciclostilate (a cura di Licitra G., Sperlinga G.), Club Alpino Italiano, Sez. Etna, pp. 1-66, Catania.
- Gurrieri G., 1934-1935: *Gallerie e cavità della colata lavica etnea del 1669*. Atti Accad. Gioenia Sc. Nat., Ser. V, Vol. XX, Mem. V, pp. 1-20, Catania.
- Harting F., Schuller C. H., 1952: *Descrizione della Grotta dell'Intralio*. (Inedito). Archivio Gruppo Grotte Catania, C.A.I., Catania.
- Jones L., 1965: *La station clinométrique souterraine de Nicolosi au volcan Etna*. Simp. marées terr., Comun. N. 236, Bruxelles.
- Lacroix A., 1936: *Le volcan actif de l'ile de la Réunion*. Gauthier-Villars Ed., pp. 1-297, Parigi.
- Licitra G. M., 1974: *La Speleologia*. Servizi speciali in: « La Sicilia », 16 magg. e 7 ago., Catania.
- Macdonald G. A., 1972: *Volcanoes*. Prentice-Hall, Ed. Englewood Cliffs, pp. 1-510, New Jersey.
- Messina F., 1968: *L'insediamento preistorico della Grotta Conti nel territorio di San Gregorio - Catania*. (Inedito). Archivio Gruppo Grotte Catania, C.A.I., Catania.
- Miceli F., 1933: *Le grotte dell'Etna*. Rivista C.A.I., Sez. Etna, N. unico, p. 1, Catania.
- Miceli F., 1954: *Inconsuete vicende della « Grotta degli Archi »*. (Inedito). Archivio Gruppo Grotte Catania, C.A.I., Catania.
- Miceli F., 1954-1955: *Relazioni informative su 9 grotte etnee*. Ciclostilato, Gruppo Grotte Catania, C.A.I., pp. 1-34, Catania.
- Miceli F., 1964: *Grotta « dei tre livelli » sull'Etna - versante Sud*. (Inedito). Archivio Gruppo Grotte Catania, C.A.I., Catania.
- Mongelli F., 1961: *Rilievo della temperatura dell'aria nelle grotte di Castellana*. Boll. Geof. Teor. Appl., Vol. III, N. 11, pp. 197-208, Trieste.
- Mongelli F., Morelli C., 1964: *Studio geotermico preliminare dell'Etna*. Riv. Miner. Sic., Vol. 15, N. 85-87, pp. 77-93, Palermo.

- Montoriol-Pous J., 1972: *Contribución al conocimiento de la Raufarhótlshellir (Hjalli, Islandia), con un estudio sobre la tipología vulcanoespeleogénica*. Speleon, Vol. 19, pp. 5-24, Oviedo.
- Montoriol-Pous J., 1973: *Sobre la tipología vulcanoespeleogénica*. Atti III Simpos. Espeleol., pp. 268-273, Matarò.
- Montoriol-Pous J., De Mier J., 1969: *Estudio morfogénico de las cavidades volcánicas desarrolladas en el malpaís de La Corona (Isla de Lanzarote, Canarias)*. Geo y Bio Karst, 6, 22, 3(543)-23(563), Barcelona.
- Ollier C. D., 1963: *The Mount Hamilton Lava Caves*. Victor. Nat., Vol. 79, N. 3, pp. 331-336, Melbourne.
- Ollier C. D., Brown M. C., 1965: *Lava caves of Victoria*. Bull. Volcanolog., Vol. XXVIII, pp. 215-229, Napoli.
- Orsi P., 1932: *Abitazioni e sepolcri siculi di Biancavilla (Catania) entro caverne di lava*. Boll. Paletnol. It., Vol. 50-51, pp. 134-147, Roma.
- Perret A., 1950: *Volcanological observations*. Carnegie Inst., Publ. 549, pp. 1-162, Washington.
- Peterson D. W., Swanson D. A., 1974: *Observed formation of lava tubes during 1970-71 at Kilauea Volcano, Hawaii*. Studies in Speleol., Vol. 2, Part. 6, pp. 209-222, London.
- Piocicchi A. (A. P.), 1975: *Il Gruppo speleo nel Vesuvio*, Notiz. C.A.I., A. 24, N. 5, pp. 52-53, Napoli.
- Poli E., 1959a: *Sulla genesi di alcune grotte dell'Etna*, Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat., Ser. IV, Vol. V, Fasc. 1, pp. 28-44, Catania.
- Poli E., 1959b: *Genesi e morfologia di alcune grotte dell'Etna*. Boll. Soc. Geogr. It., Ser. VIII, Vol. XII, Fasc. 9-10, pp. 452-463, Roma.
- Ponte G., 1923: *Gallerie di scolamento lavico dell'Etna*, Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat., Ser. II, Fasc. 51, pp. 33-36, Catania.
- Rittmann A., 1960: *Vulkane und ihre Tätigkeit*. Enke Ed., pp. 1-336, Stoccarda.
- Santonocito S., 1969: *I Monti Rossi di Nicolosi e la Grotta delle Palombe*. A cura di Borzì, pp. 1-4, Nicolosi.
- Speranza F., 1950: *Il « Perciato » nell'isola di Salina*. Boll. Accad. Gioenia Sc. Nat., Ser. IV, fasc. 5, pp. 342-344, Catania.
- Soc. Speleol. Ital., 1973: *Catasto delle Grotte d'Italia. Guida alla compilazione delle schede*. Circolare ciclostilata, pp. 1-17, Roma.
- Tazieff H., 1961: *Les volcans*. Delpire Ed., pp. 1-107, Parigi.
- Wood C., 1974: *The genesis and classification of lava tube caves*. Trans. Brit. Cav. Res. Ass., Vol. I, N. 1, pp. 15-18, Combwich.

APPENDICI

APPENDICE I

CENNI BIOGRAFICI SUGLI AUTORI

Dott. Fabio BRUNELLI (Italia)

Nato a Milano, si è laureato a Catania in Matematica; dopo la laurea ha intrapreso la carriera universitaria, ricoprendo incarichi presso l'Università di Calabria e, successivamente, presso l'Università di Pisa dove lavora attualmente.

Dal 1970 è socio del Gruppo Grotte Catania; dedica la sua attività speleologica alle grotte dell'Etna, interessandosi in particolare di esplorazione, rilevamento topografico, morfologia e raccolta di dati bibliografici, e collabora alla redazione del Catasto delle Grotte Laviche.

È autore, con Scammacca, del volume « Grotte Vulcaniche di Sicilia » (1975).

Indirizzo: Via Grotte Bianche, 117 - CATANIA.

Dott. Prof. Domenico CARUSO (Italia)

Laureato in Scienze Agrarie, è professore incaricato di Zoologia presso lo Istituto Policattedra di Biologia animale dell'Università di Catania.

È specialista di Isopodi terrestri, sui quali ha pubblicato numerosi lavori; da recente ha esteso il suo campo di interesse agli Isopodi cavernicoli identificandone, con la collaborazione del Gruppo Grotte Catania, una specie finora sconosciuta in Sicilia.

Indirizzo: Ist. Policatt. di Biologia animale, Via Androne, 81 - CATANIA.

Franco CAVALLARO (Italia)

Nato 22 anni fa, è laureando in Scienze Geologiche presso l'Università di Catania.

Si è accostato alla Speleologia nel 1972, frequentando il I Corso di Speleologia organizzato dal Gruppo Grotte Catania, al quale ha aderito subito dopo.

È Istruttore e Segretario del Gruppo Grotte Catania e Consigliere della Sezione Etna del C.A.I.

Si interessa di Speleomorfologia e Speleogenesi sia in campo lavico che carbonico, di rilevamento topografico in grotta e di Speleologia esplorativa. Nel 1975 ha fatto parte della squadra che ha raggiunto con sole corde il fondo dell'Abisso di Bifurto sul M. Pollino, in Calabria.

Indirizzo: Via Cifali, 54 - CATANIA.

Dott. Prof. Salvatore CUCUZZA-SILVESTRI (Italia)

Nato nel 1923, si è laureato a Catania in Scienze Naturali alla fine del 2^o conflitto mondiale; è Professore « stabilizzato » di Vulcanologia presso la Fac. di Scienze Mat., Fis. e Naturali dell'Università di Catania. Libero Docente di Vulcanologia, ha tenuto corsi ufficiali di Geochimica (dal 1959-60 al 1962-63) e di Vulcanismo in Italia (dal 1958-59 al 1962-63), presso la stessa Facoltà.

È autore di circa 70 pubblicazioni scientifiche, riguardanti il vulcanismo siciliano, con particolare riferimento al distretto eruttivo Ibleo, all'Etna ed allo Stromboli. Si è anche occupato del vulcano laziale e del Vesuvio.

È stato Direttore dell'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania ed è Socio corrispondente dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali e Presidente della Sezione di Catania dell'Associazione « Pro-Natura ».

Indirizzo: Ist. di Vulcanologia dell'Università, Palazzo delle Scienze; Corso Italia, 55 - CATANIA.

Dott. Ronald GREELEY (U.S.A.)

Laureato in Geologia presso l'Università del Missouri, a Rolla, dopo un anno di attività nell'industria, come micropaleontologo per conto di una compagnia petrolifera in Luisiana, si dedica alla ricerca scientifica e all'insegnamento.

Dal 1967 lavora per la NASA, occupandosi della stesura delle carte geologiche della Luna e dello studio dei suoi solchi sinuosi. Analogi incarichi gli viene concesso nel 1971 dall'Università di Santa Clara (California) e, nel 1975, dal Dipartimento di Astronomia e Fisica dell'Università di Londra. Dal 1970 cura anche i corsi di introduzione alla Geologia e alla Geologia Planetaria presso il Foothill College di Los Altos Hills, California.

È specialista nello studio geologico dei corpi celesti attraverso l'interpretazione delle immagini riprese da satellite e ha coordinato, per conto della NASA e dell'U.S. Geological Survey, lo studio delle zone basaltiche nelle regioni occidentali degli U.S.A. e ad Hawaii, alla ricerca di analogie e di modelli terrestri per l'interpretazione delle morfologie extraterrestri.

È membro della Geological Society of America, dell'American Geophysical Union e dell'Associazione Americana per il Progresso della Scienza; nel 1974 ha organizzato la Conferenza Planetologica Hawaiiana ad Hawaii, curando poi la pubblicazione dei relativi Atti.

È autore di numerose pubblicazioni riguardanti la morfologia della superficie lunare e quella dei vulcani basaltici, con particolare riferimento alle grotte di scorrimento.

Indirizzo: University of Santa Clara; NASA-Ames Research Center, MOFFET FIELD, NASA Mail Stop 245 - Cal. 95053 (U.S.A.).

Giuseppe M. LICITRA (Italia)

Nato nel 1938, dopo aver frequentato per alcuni anni i corsi di Geologia a Roma e a Catania, ha abbandonato gli studi per dedicarsi al lavoro nel ramo dei trasporti industriali; dal 1967 lavora nel settore stoccaggio e spedizioni di un grande stabilimento chimico nei pressi di Siracusa.

Si occupa di Speleologia dal 1959, quando entrò a far parte dell'appena costituito Speleo Club Roma, nel quale rimase per due anni. Dal 1971 è socio del Gruppo Grotte Catania, che dirige dal 1974. È Consigliere sezionale del C.A.I.-Etna, membro della Sottocommissione Speleologica del Comitato Scientifico Centrale del C.A.I. e socio della S.S.I. È delegato per l'Italia al Gruppo di Lavoro per gli Statuti dell'U.I.S.

Ha svolto attività pratica in grotta in diverse regioni italiane, accumulando una lunga esperienza in fatto di tecniche esplorative e di progressione in grotta; ha promosso numerose spedizioni del Gruppo Grotte Catania, prendendovi anche parte, ed ha partecipato al I e II Corso residenziale organizzati a Modena e a Trieste. Nel 1975 ha coordinato l'organizzazione della Settimana Speleologica Catanesi e del Seminario sulle Grotte Laviche.

Si interessa di Speleomorfologia e Speleogenesi in particolare per le grotte laviche, e di problemi organizzativi. Ha al suo attivo numerosi articoli di Speleologia divulgativa sulla stampa locale ed ha curato la dispensa sulle grotte laviche per i Corsi di Speleologia organizzati dal Gruppo; ha curato il paragrafo della Speleogenesi nelle lave per il Manuale di Speleologia del G.G.M., in corso di stampa.

Indirizzo: Via Monfalcone, 17 - CATANIA.

Dott. Alfonso LUCREZI (Italia)

È nato all'Aquila nel 1939. Laureato in Giurisprudenza, opera nel settore Sanità della Regione Abruzzo.

Si interessa di Speleologia dal 1962; ha fondato il Gruppo Speleologico Aquilano e il Museo di Speleologia « V. Rivera ».

Socio della S.S.I., cura per essa la Bibliografia Speleologica Italiana ed è delegato per l'Italia nella Commissione Protezione Grotte e Carsismo dell'Unione Internazionale di Speleologia.

Indirizzo: Via dei Giardini, 18 - L'AQUILA.

Dott. Prof. Joaquin MONTORIOL-POUS e Don Jorge DE MIER (Spagna)

Sono membri del Grupo de Exploraciones Subterraneas (G.E.S.) del Club Montañés Barcelonés; il Prof. Montoriol-Pous, laureato in Geologia, lavora presso il Dipartimento di Petrografia e Cristallografia dell'Università di Barcelona.

Si interessano di problemi connessi con la morfogenesi e la sistematica delle grotte laviche; hanno effettuato diverse campagne di esplorazione e di studio nelle isole atlantiche (Canarie, Islanda) ed hanno preso parte alla spedizione scientifica «Galapagos '75».

Hanno pubblicato insieme numerosi lavori sulle grotte laviche e sono autori di una classificazione di queste cavità, basata su criteri morfogenetici.

Indirizzo: Diputación 339 - BARCELONA 9 (Spagna).

Dott. Cliff D. OLLIER (Australia)

Laureato in Geologia all'Università di Bristol (Inghilterra), si occupa di problemi inerenti la Geologia, la Geomorfologia e la Pedologia.

Ha lavorato tre anni in Uganda, trasferendosi poi in Australia dove ha ricoperto incarichi presso l'Università di Melbourne, l'Università di Papua (Nuova Guinea) e il Canberra College; attualmente insegna Geologia presso l'Università Nazionale d'Australia, a Canberra.

Ha iniziato la sua carriera di speleologo nelle grotte carsiche, prima di interessarsi di Vulcanospeleologia; ha al suo attivo numerose esplorazioni in grotte carsiche e laviche in diverse parti del mondo; di recente ha partecipato a spedizioni scientifiche nelle Isole Trobriand e a Tristan da Cunha. È autore di oltre un centinaio di lavori scientifici e, insieme con Brown, della teoria speleogenetica detta « della layered lava ».

Indirizzo: The Australian National University, Research School of Pacific Studies; Box 4 P.O. - CANBERRA A.C.T. 2600 (Australia).

Dott. Giorgio PASQUINI (Italia)

Laureato in Geografia, insegna questa disciplina presso l'Università di Genova.

Socio fondatore dello Speleo Club Roma, è stato consigliere della S.S.I. e responsabile del Soccorso Speleologico del C.N.S.A. per l'Italia centro-meridionale. Si interessa soprattutto di Speleologia esplorativa ed ha preso parte alla spedizione internazionale che per prima ha raggiunto il fondo del Gouffre Berger (Francia).

Indirizzo: Ist. di Geografia, Via P. E. Benza, 1 - GENOVA.

Dott. Donald W. PETERSON (U.S.A.)

È nato a San Francisco (California) nel 1925. Nel 1949 ha conseguito il B.S. in Geologia presso il California Institute of Technology perfezionandosi due anni dopo presso la Washington State University. Dopo il servizio militare, prestato in Marina, nel 1952 è entrato a far parte dell'U.S. Geological Survey. Nel 1961 ha conseguito il Dottorato in Geologia presso la Stanford University.

Tranne due parentesi (1966-68 e 1968-70) dedicate a ricerche geologiche di altra natura, si è sempre interessato di problemi connessi con il Vulcanismo e le rocce laviche. Dal 1970 al 1975 ha diretto l'Hawaiian Volcano Observatory studiando la fenomenologia e i prodotti dell'attività persistente del vulcano Kilauea.

Dal 1975 conduce ricerche in laboratorio e sul terreno sulle rocce vulcaniche e sui giacimenti minerari della Basin & Range Province (Arizona).

Ha al suo attivo una copiosissima produzione su argomenti di Petrografia, Mineralogia e Morfologia inerenti al Vulcanismo.

Indirizzo: Western Mineral Resources, 345 Middlefield Road. MENLO PARK - Cal. 94025 (U.S.A.).

Efisio G. PICONE (Italia)

Laureando in Archeologia presso l'Università di Catania, è fondatore, presidente e animatore del C.S.I.A. (Centro Siciliano di Iniziativa Archeologica).

Ha pubblicato note scientifiche sulla topografia archeologica della Sicilia sud-orientale e in particolare del siracusano; i suoi interessi principali vertono sulla paletnologia della Sicilia sud-orientale.

Si interessa da molti anni di ricerche archeologiche e collabora attivamente con la Sovrintendenza alle Antichità della Sicilia Orientale.

Indirizzo: Via dei Santi Coronati, 40 - SIRACUSA.

Dott. Prof. Alfred RITTMANN (Italia)

Nato a Basilea (Svizzera) nel 1893, consegne nel 1926 la laurea in Scienze presso l'Università di Ginevra. Fino al 1934 opera a Napoli per conto dell'Istituto Vulcanologico Friedländer, quindi viene chiamato in Svizzera presso l'Università di Basilea, dove gli viene affidato l'insegnamento di Geochimica, Geofisica e Vulcanologia.

Dal 1940 al 1948 è ancora in Italia, per dirigere il Centro di Ricerche Geologiche e, successivamente, il Centro Silano del C.N.R.; quindi si sposta in Egitto, dove per un decennio cura l'insegnamento di Geologia e Petrografia presso le Università del Cairo e di Alessandria.

Rientra definitivamente in Italia nel 1958, a Catania, come direttore dell'Istituto di Vulcanologia dell'Università. Nel 1960 viene eletto a Helsinki presidente dell'Isti-

tuto Internazionale di Vulcanologia, ed è presso la sede di Catania di questo Istituto che egli presta tuttora la sua opera, quale consulente del C.N.R.

L'Università di Berna gli conferisce la laurea *honoris causa*; è socio o corrispondente di numerose accademie e associazioni scientifiche di tutto il mondo e — caso finora unico — è stato eletto per tre trienni consecutivi alla presidenza dell'Associazione Internazionale di Vulcanologia (A.I.V.) dell'Union Géodésique et Géophysique Internationale, che regge ininterrottamente dal 1954 al 1963.

Ha preso parte a innumerevoli spedizioni vulcanologiche e scientifiche in Africa, Asia, Groenlandia, Islanda, scalando i fianchi di vulcani attivi, sopiti o spenti in ogni parte del mondo. Ha studiato a lungo ed accuratamente la fenomenologia e la magmatologia dei vulcani italiani, in particolare del Vesuvio e dell'Etna, sui quali ha pubblicato una mole impressionante di lavori, ed è un esperto dei fenomeni vulcanici dell'Egitto. È autore del volume «Vulkane und ihre Tätigkeit» (I vulcani e la loro attività) tradotto in molte lingue tra le quali l'Italiano e considerato un classico da tutti gli studiosi di Vulcanologia; insieme con il tedesco Kühn ha enunciato l'omonima teoria sull'origine e la struttura interna della Terra. In campo vulcano-speleogenetico ha enunciato fino dal 1959 la teoria genetica «del cannone», alla quale si riferisce nel lavoro presentato al Seminario sulle Grotte Laviche.

Dal 1972 è socio onorario del Gruppo Grotte Catania, per il quale cura la sezione sul Vulcanismo nei corsi di Speleologia.

Indirizzo: Via Canfora, 105 - CATANIA.

Prof. Blasco SCAMMACCA (Italia)

È nato a Parigi nel 1934 ed ha studiato in Italia e in Belgio, dove si è laureato in Scienze Agrarie presso l'Università di Louvain. Dal 1969 è professore incaricato di Fitobiologia marina presso l'Istituto di Botanica dell'Università di Catania; è inoltre istruttore federale della F.I.P.S., per la quale organizza e dirige a Catania i corsi di immersione. Nel 1977 è stato nominato membro corrispondente dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali.

La sua carriera speleologica inizia nel 1955 a Louvain, con lo Spéléo-Club de l'Université de Louvain; con lo Spéléo-Club International Senior e, successivamente, con il Gruppo Grotte Catania (del quale fa parte dal 1968) partecipa dal 1959 al 1973 alle spedizioni annuali alla Goule de Foussoubie (Ardèche, Francia), dedicandosi in particolare all'esplorazione dei sifoni.

Si interessa di problemi inerenti l'esplorazione e il rilevamento topografico delle grotte laviche, di speleologia subacquea e di fotografia in grotta; ha largamente contribuito alla redazione del Catasto delle Grotte dell'Etna, in collaborazione con Brunelli.

In collaborazione con Cariola ha presentato due note su immersioni in grotta con autorespiratori a Ossigeno (A.R.O.), a Salerno (1972) e a Olomouc (1973); con Brunelli ha pubblicato il volume «Grotte Vulcaniche di Sicilia» (1975).

Indirizzo: Piazza Scammacca, 1 - CATANIA.

Dott. Donald A. SWANSON (U.S.A.)

Nato a Tacoma (Washington) 39 anni fa, ha conseguito il B.S. nel 1960 presso la Washington State University e la laurea in Geologia quattro anni dopo presso la John Hopkins University. Una borsa di studio della NATO gli ha consentito di specializzarsi in Vulcanologia in Europa, conducendo ricerche a Vulcano (Italia), a Gran Canaria (Spagna) e in Germania sul vulcanismo e sulle rocce vulcaniche. Dal 1965 lavora nell'U.S. Geological Survey.

Ha condotto ricerche in laboratorio e sul terreno nell'Oregon, nel Washington e ad Hawaii. Dal 1971 è impegnato nello studio dei basalti del Columbia River; inoltre quest'anno è entrato a far parte come petrologo del Deep Sea Drilling Project.

Ha scritto numerosi lavori su argomenti petrologici, morfologici e geofisici concernenti il Vulcanismo.

Indirizzo: Field Geochemistry and Petrology, 345 Middlefield Road, MENLO PARK - Cal. 94025 (U.S.A.).

B. Sc. Christopher WOOD (Gran Bretagna)

Diplomato in Scienze, ha curato i corsi di Geologia presso il St. Albans College for Further Education; attualmente lavora alla stesura della tesi per il dottorato in Geologia presso l'Università di Leicester, con una ricerca comparata sulla morfologia delle effusioni laviche dell'Islanda e di Tenerife.

Pratica la Speleologia attiva da molti anni ed ha esplorato numerose ed impegnative cavità in diverse parti del mondo. Si interessa in particolare di morfologia e genesi delle grotte laviche di scorrimento, sulle quali ha accumulato una notevole esperienza nelle numerose campagne di studio in Islanda, Tenerife e Sicilia.

È socio dello Shepton Mallet Caving Club e della British Cave Research Association, ed ha pubblicato diversi lavori sulle grotte laviche. È autore del capitolo «Caves in Rocks of Volcanic Origin» del volume «The Science of Speleology», pubblicato recentemente dalla B.C.R.A.

Attualmente sta completando uno studio sul ruolo avuto dai tubi lavici nella eruzione etnea del 1614-1624, realizzato in collaborazione con il Gruppo Grotte Catania.

Indirizzo: 6 Trafalgar Road, LONG EATON, Nottingham, (England).

APPENDICE II

MOSTRA INTERNAZIONALE DEL MANIFESTO SPELEOLOGICO

Dal 24 al 30 agosto 1975, nei saloni del Museo Civico Castello Ursino in Catania, si è tenuta la Mostra Internazionale del Manifesto Speleologico, organizzata dal Gruppo Grotte Catania della Sezione Etna del C.A.I. con il patrocinio dell'U.I.S., nel quadro delle manifestazioni della Settimana Speleologica Catanese.

Alla Mostra-Concorso hanno partecipato i seguenti manifesti:

- *Mostra Speleologica*, inviato dal G.S. C.A.I., Perugia;
- *Jeita, Libano*, inviato dal Conseil National du Tourisme au Liban, Beyrouth, Libano;
- *Société Quebecoise de Spéléologie*,
- *Jamborée de Spéléologie*, inviati dalla S.Q.S. di Montreal, Quebec, Canada;
- *Soggiornate a Cuneo / Grotta di Bossea*, inviato dal G.S.A.M. C.A.I., Cuneo;
- *National Caving Conferenze 1975*, inviato dalla B.C.R.A., Inghilterra;
- *IIº Corso Propedeutico di Speleologia*,
- *IIIº Corso Propedeutico di Speleologia*,
- *IIº Convegno di Speleologia Abruzzese*, inviati dal G.S. Aquilano, L'Aquila;
- *Grotte di Borgio Verezzi*, inviato dal G.S.L. « A. Issel », Genova;
- *Spéléologie a Bruxelles*, inviato dalla Fed. Spél. de Belgique, Bruxelles, Belgio;
- *Lummelundagrottorna*, inviato dall'Amm.ne della grotta omonima, Visby, Svezia;
- *Kaléndar 1975*, inviato dal Verband Oesterreichischer Hochlenforscher, Vienna, Austria;
- *XIº Corso di Speleologia*,
- *XIIIº Corso di Speleologia*, inviati dal G.S.F. C.A.I., Firenze.

Erano inoltre esposti fuori concorso il manifesto della Settimana Speleologica del Gruppo Grotte Catania, la locandina *Ipogeo '75* della C.D.S. di Catania, e la collezione di manifesti speleologici della Commissione Grotte « E. Boegan » della S.A.G.-C.A.I. di Trieste.

La mostra è stata inaugurata la mattina del 24 agosto, madrina la Prof.ssa Caterina Scarlata del Gruppo Grotte Catania, in apertura della Settimana Speleologica Catanese, ed è rimasta aperta al pubblico per tutta la settimana.

La Giuria, composta da Giuseppe M. Licitra, Domenico Condarelli, Prof. Armando Di Paola, Dott. Giancarlo Santi e Dott. Giuseppe Sperlinga, si è riunita il pomeriggio del 30 agosto dopo la chiusura della Mostra e, dopo un attento esame delle opere pervenute, ha deliberato di attribuire i seguenti premi:

- TROFEO DI LAVA, offerto dal Gruppo Grotte Catania, al manifesto *II Corso Propedeutico di Speleologia* del G.S. Aquilano con la seguente motivazione:

È la migliore opera presentata alla Mostra, sia per il contenuto che per l'eccellente realizzazione grafica.

- COPPA, offerta dal Gruppo Grotte Catania, al manifesto *Jamborée de Spéléologie*, della S.Q.S. di Montreal.
- COPPA, offerta dalla Sezione dell'Etna del Club Alpino Italiano, al manifesto *Spéléologie a Bruxelles*, della Federation Spéléologique de Belgique di Bruxelles.
- TROFEO DI PORCELLANA, offerto dall'Union Internationale de Spéléologie, al manifesto *Mostra Speleologica* del G.S. C.A.I. di Perugia.
- TROFEO DI LAVA, premio speciale offerto dalla Giuria, al calendario dell'anno internazionale della protezione delle grotte *Kalendar 1975* con la seguente motivazione: *Il Kalendar 1975, pur non essendo un manifesto, rappresenta un messaggio visivo immediato per la bellezza delle immagini contenute e la sua azione di propaganda in favore della Speleologia mantiene inalterata la sua efficacia per un intero anno.*

Il Comitato Organizzatore della Settimana Speleologica Catanese e della Mostra Internazionale del Manifesto Speleologico, a nome di tutti i soci del Gruppo Grotte Catania della Sezione Etna del C.A.I., esprime i propri ringraziamenti all'U.I.S. e al suo Presidente Prof. Arrigo A. Cigna per l'alto patrocinio concesso alla manifestazione e per il trofeo offerto; al Sindaco e all'Assessore alla P.I. del Comune di Catania che hanno autorizzato l'uso dei locali del Museo Civico Castello Ursino per l'inaugurazione della Settimana Speleologica Catanese e per l'allestimento della Mostra; alla Direzione del Museo per la cortese collaborazione prestata.

Ringrazia inoltre tutti i Gruppi, le Associazioni e gli Enti ed in particolare la commissione Grotte «E. Boegan» della S.A.G.-C.A.I. di Trieste, che hanno inviato i manifesti ed hanno così contribuito in maniera determinante al successo della Mostra.

APPENDICE III

ESCURSIONE DEL 25 AGOSTO 1975

A) Si/CT/1004 - Grotta dei Tre Livelli

di F. Brunelli & B. Scammacca (*)

Comune di Zafferana; località contrada Casa del Vescovo; I.G.M. 262-III-SO, Monte Etna Sud, 1969; Long. 2°34'51", Lat. 37°41'56" q. 1625 m. s.l.m.; Terreno: lave del 1792. Bibl.: Rassegna dell'Amm.ne Prove di Catania, 1964, p 33, *Galleria dei pipistrelli*; Miceli, 1964; Topografia: Corsaro, 1964; Cariola e Scammacca, 1971.

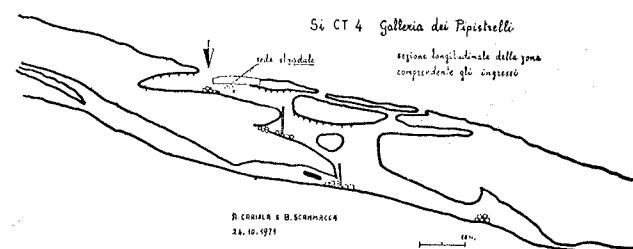
Itinerario. Percorrendo la carrozzabile Cantoniera dell'Etna-Zafferana, ottocento metri ad Est di Casa del Vescovo, è ben visibile dal lato monte uno dei tre ingressi della cavità. Altri due ingressi si trovano a valle della strada.

Descrizione. Trattasi di una galleria di scorrimento formatasi nelle lave sgorgate dalla bocca effusiva inferiore dell'eruzione del 1792. Nel complesso la grotta è molto ben conservata e pochi sono i punti in cui si sono verificati crolli. In corrispondenza degli ingressi la cavità si articola in tre gallerie sovrapposte situate a tre diversi livelli. La galleria superiore, lunga una sessantina di metri, è piuttosto angusta ed una parte del soffitto è costituita da un solaio di cemento armato che sostiene la strada provinciale. Fu proprio durante i lavori di costruzione della sede stradale nel giugno del 1964 che la grotta fu scoperta a causa del cedimento della volta nella galleria superiore; andarono così distrutte delle lave a corda, un campione delle quali è conservato al Museo Vulcanologico dell'Università di Catania. La galleria intermedia è lunga una quarantina di metri. Maggiore sviluppo presenta la galleria inferiore che ha più di quattrocento metri di lunghezza. I tre livelli sono collegati da piccoli salti per superare i quali è utile una scaletta di dieci metri. È da tenere presente che all'interno della grotta non vi sono appigli che consentano un comodo ancoraggio delle scale. L'accesso al livello più basso è attualmente reso comodo da una scala di legno. Cinquanta metri a valle dei pozzi la volta è molto bassa e l'accumulo di scorie laviche dà luogo ad una strettoia della lunghezza di qualche metro. Per il resto il percorso è assai agevole data l'altezza della volta che solo in qualche punto costringe a procedere chinati. Il pavimento è di lava a superficie scoriacea a grossi frammenti che nell'estremità valle della galleria sono disposti secondo una caratteristica superficie ondulata. In tutta la grotta si possono osservare stalattiti da

(*) Gruppo Grotte Catania del C.A.I., Sez. dell'Etna.

rifusione che si presentano come brandelli di lava a superficie vетrosa ed interessanti sporgenze simili a cornicioni disposte lungo le pareti.

La cavità è frequentata da numerosissimi pipistrelli; non di rado si possono osservare carogne di questi animali ricoperte da filamenti fungini. Alla base dei salti si trovano dei coni detritici costituiti da pietrame e da pezzi di legno marcescenti.



GROTTA DEI TRE LIVELLI; Topografia di A. Cariola e B. Scammacca (da Brunelli e Scammacca, 1975).

(Riprodotto da F. Brunelli e B. Scammacca, 1975: *Grotte vulcaniche di Sicilia (Notizie catastali)*; C.A.I. Sez. dell'Etna, Gruppo Grotte Catania, pp. 30-31, Tav. VI, figg. 27 e 28).

Atti della
Settimana Speleologica Catanese
Catania, 24-30 agosto 1975

Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.
Catania, 1977
pagg. 245/248

APPENDICE III

ESCURSIONE DEL 26 AGOSTO 1975

B) Si/CT/1065 - Grotta di Serracozzo I

di F. Cavallaro & G.M. Licita (*)

Comune di Milo; Località *contrada Serracozzo*, vallone omonimo; *bocche del Citelli* (toponimo); I.G.M. 262-III-NO, Monte Etna Nord, 1969; Long. 2°36'15", Lat. 37°45'12", q. 1840; Terreno: lava del 1971. Topografia: Cavallaro, Di Paola e Montana, 1975, dis. Cavallaro, 1977.

Itinerario. Dal piazzale del Rifugio C.A.I. S. Citelli si procede lungo la strada fino al vertice della prima curva, quindi si sale verso Serra delle Concaze attraverso il bosco di betulle, lungo un sentiero segnato con vernice rossa. Oltrepassato il recinto di un ovile con una capanna di pietra, a quota 1900 circa, si piega verso S e si procede in quota fino alla radice del Vallone Serracozzo. L'ingresso della cavità è situato all'inizio della colata 1971.

RIASSUNTO — Da maggio 1971, da due fessure eruttive rispettivamente a q. 1840 e 1800 nel Vallone Serracozzo, sgorgò una colata di lava *aa* che si riversò sul fianco dell'Etna, raggiungendo q. 600 nel Vallone Cava Grande presso S. Alfio.

L'emissione di lava cessava il 12 giugno, lasciando due cavità, *Grotta di Serracozzo I* e *Grotta di Serracozzo II*. Esse furono visitate la prima volta nel 1972.

La *Grotta di Serracozzo I* ha uno sviluppo complessivo di circa 350 m. con un dislivello di circa 60 m. L'ingresso è ubicato in un crollo nella parete della fessura eruttiva e la grotta di scorrimento si estende su due livelli.

Viene data una descrizione della grotta e delle sue caratteristiche morfologiche e si formulano ipotesi sulle loro origini.

SUMMARY — From May 1971, from two fissure vents located at 1840 and 1800 m asl in Serracozzo Rill, an *aa* lava flow poured downhill eastbound on Mt. Etna's flank. It reached 600 m asl in Cava Grande Rill, nearby S. Alfio.

The outpouring of lava ceased on June 12th, leaving two caves: *Serracozzo I Lava Cave* and *Serracozzo II Lava Cave*. They were visited for the first time in 1972.

The *Serracozzo I Lava Cave* has a total length of abt. 350 m. and a vertical range of abt. 60 m. Its entrance is located in a collapse hole through a wall of the fissure vent. The lava tube is extended on two different levels.

A description of the cave and of its morphological features is given and hypotheses on their genesis are proposed.

(*) Gruppo Grotte Catania del C.A.I., Sez. dell'Etna.

Note sull'eruzione di contrada Serracozzo

Nella notte tra l'11 e il 12 maggio, durante la seconda fase dell'eruzione aprile-giugno 1971, le lave degassate che si erano incanalate lungo il sistema di fratture regionali **ENE**, incontravano una zona di minore resistenza a breve distanza dalla superficie topografica ed affioravano attraverso due fratture, apertesi nei tufi e nel materiale incoerente di età preistorica della parete **S** del Vallone di Serracozzo, rispettivamente a q. 1840 e 1800, incanalandosi lungo l'alveo del torrente Cubanìa, che veniva completamente colmato.

La presenza di numerosi fenocristalli nella lava notevolmente calda e fluida, nonostante la sua povertà di gas e l'assenza di manifestazioni esplosive, hanno indotto i ricercatori dell'I.I.V. (*) e dell'Università a supporre che fossero avvenute delle reazioni esotermiche tra i gas magmatici residui e infiltrazioni di ossigeno atmosferico lungo il percorso sotterraneo della lava.

L'efflusso, costituito esclusivamente di lava *aa*, proseguiva in forma tranquilla per circa un mese, cessando il 9 giugno nella fessura di q. 1840 e il 12 giugno nella fessura inferiore (oggi *Grotta di Serracozzo II*, Si-CT-1066); la colata raggiunse q. 600 lungo il letto del vallone Cava Grande, presso l'abitato di S. Alfio.

Le cavità lasciate dall'eruzione furono visitate per la prima volta nel 1972 da A. Cariola e B. Scammarca che ne esplorarono e fotografarono alcuni tratti (**), e notarono che la temperatura si manteneva ancora intorno ai 40°C e nella parte iniziale della fessura di q. 1840 erano presenti lievi manifestazioni fumaroliche.

Descrizione della cavità

La *Grotta di Serracozzo I*, il cui sviluppo complessivo è di circa 350 m., si estende su due livelli lungo l'asse principale della colata, a partire dalla fessura eruttiva, in senso **ENE**. Vi si accede attraverso un crollo seguito al cedimento della parete **N** della fessura eruttiva, di forma grossolanamente rettangolare, largo 2 m. e alto 1,5 m.

Il materiale franato ha ricoperto il fondo della fessura per uno spessore stimato di 3 m. al di sotto dell'apertura. Verso **W** si scende lungo il cono di detriti, inclinato di circa 30°, fino a raggiungere 10 m. più in basso il fondo della fessura, pavimentato con un crostone di lava. In questo punto la fessura, a sezione ogivale asimmetrica, è larga poco più di 1 m. ed alta 4 m. Procedendo invece dall'ingresso verso **E**, dopo circa 4 m. di cono detritico lievemente inclinato, si raggiunge il pavimento solido della cavità effusiva.

Da questo punto la fessura, alta da 4 a 6 m. e larga 2 m., prosegue in linea retta per una trentina di metri prima di passare a vera e propria galleria di scorimento, dividendosi in due livelli sovrapposti.

Il livello superiore, che si apre a 4 m. di altezza dal pavimento della fessura, si articola in due rami subparallelî orientati verso **N**; il primo, lungo circa 20 m. e in lieve pendio, termina con un'apertura all'esterno; il secondo, di oltre 50 m.

(*) Istituto Internazionale di Vulcanologia del C.N.R., Catania.

(**) La fotografia del tratto iniziale della *Grotta di Serracozzo I* è stata riprodotta nel Manifesto della Settimana Speleologica. Nell'immagine sono evidenti le manifestazioni fumaroliche.

e leggermente più inclinato, termina con una saletta chiusa da un crostone piatto di lava. Entrambe le gallerie presentano una sezione trasversale ellittica di circa 1 m.

Sia nella fessura eruttiva, a 12 m. dall'ingresso, che alla radice delle due gallerie superiori, la sottile crosta di lava (spessa da 20 a 40 cm) che fa da volta alla cavità, ha ceduto per breve tratto dopo l'eruzione, lasciando due finestre.

La galleria principale si innesta nella fessura eruttiva con un brusco angolo di 100° e si dirige verso **N** per circa 40 m., quindi ritorna con un'ampia curva in direzione **ENE**, e lungo questa direzione prosegue fino al termine, distante circa 250 m. dall'ingresso e posto a circa 1780 m. di quota; tra gli 80 e i 110 m. dall'imboccatura la galleria, che è larga da 2 a 4 m. e alta da 1 a 2 m., è interessata da tre vaste zone di crollo consecutive.

Note morfogenetiche

All'ingresso della cavità le pareti del crollo mostrano in sezione l'intonaco di lava, spesso 20-30 cm., che ha rivestito la fessura eruttiva; il materiale in loco appare fortemente calcinato e nella zona di contatto si notano blocchi di materiale non coevo parzialmente rifuso e digerito.

Il profilo longitudinale della fessura, nel tratto **W**, ricorda vagamente l'addome di una vespa ed il suo pavimento giace ad un livello inferiore di circa 6 m. rispetto a quello a **E** del crollo. Ciò fa pensare che al cessare dell'attività effusiva la colonna di lava si sia abbassata all'interno della fessura stabilizzandosi al livello dell'attuale pavimento, mentre l'efflusso proseguiva ancora attraverso la fessura di q. 1800. Riteniamo infatti che le due fessure eruttive fossero collegate direttamente e che la fessura superiore rappresentasse lo sfioratore di *troppo pieno* del sistema effusivo.

Il segmento **E** della fessura ha un andamento pianeggiante e in sezione trasversale si presenta come un'ogiva strozzata nella parte mediana. Riteniamo che questa forma sia dovuta allo stabilizzarsi del flusso al livello della strozzatura per un certo periodo di tempo, che tuttavia non è stato abbastanza lungo per consentire la formazione di un tetto a quell'altezza. Osservando il profilo della cavità in questo punto risulta evidente che i due rami di scorimento superiori si formarono durante il periodo di maggiore efflusso, e che il più lungo dei due fu alimentato più a lungo in quanto il suo pavimento, nel tratto iniziale, giace circa 50 cm. più in basso di quello dell'altro ramo, nel quale si trova inciso. La saletta terminale del ramo maggiore costituiva in origine una bocca effimera, come si può dedurre dal suo tetto piatto; il suo pavimento è leggermente rilevato rispetto al fondo della galleria.

La galleria principale presenta una sezione irregolare fortemente schiacciata lungo tutto il percorso; la sua pendenza costante di oltre 25°, dovuta all'insegnamento della colata lungo il *thalweg* del vallone, diminuisce verso la fine, dove infatti si notano accumuli laterali di scorie saldate e il progressivo innalzamento del pavimento, dovuti al rallentamento del flusso.

L'azione abrasiva esercitata dalle scorie superficiali del flusso lavico sulle pareti non completamente solidificate, è resa evidente dalle fitte striature longitudinali che le ricoprano. Però, mentre le pareti della fessura eruttiva si pre-

sentano scabrose e striate per tutta la loro altezza, nella galleria le striature le interessano soltanto nella parte inferiore; la parte superiore delle pareti e la volta della galleria si presentano uniformemente ricoperte da una superficie vetrosa di rifusione. Dalla volta pendono numerose piccole stalattiti di rifusione, e festoni e brandelli di lava, anch'essi smaltati per rifusione. Lungo le pareti si osservano inoltre frequenti rigonfiamenti (*blisters*) originati da bolle di gas che talvolta sono esplose lasciando delle piccole cavità circolari coi bordi lacerati.

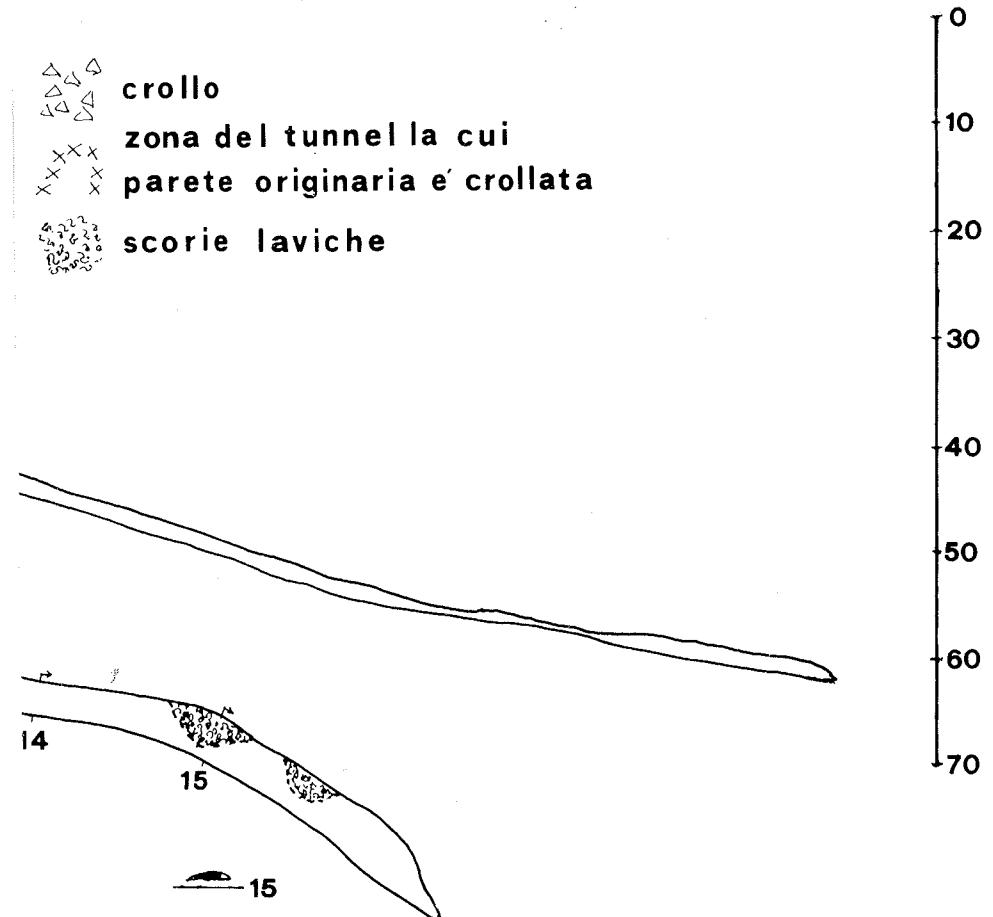
Il pavimento della fessura eruttiva è ricoperto da una fitta serie di foglietti di ripiegamento di modeste dimensioni; all'inizio del tratto E si notano pure, ai piedi delle pareti, due rotoli di lava. Lo stesso particolare morfologico si nota anche al termine della galleria principale, mentre il suo pavimento è ricoperto per tutta la sua lunghezza da scorie di lava *aa* parzialmente saldate.

Segnaliamo infine che in corrispondenza delle tre zone di crollo nella galleria principale il rivestimento presenta uno spessore veramente esiguo (1-5 cm.), ed il materiale soprastante è costituito in massima parte da scorie parzialmente incoerenti, per cui riteniamo si tratti del letto di un flusso lavico soprastante, anche se la sua vera natura potrà essere ipotizzata soltanto dopo che sarà stato eseguito il rilevamento topografico esterno della cavità.

BIBLIOGRAFIA

- Brunelli F. e Scammacca B., 1975: *Grotte vulcaniche di Sicilia (Notizie catastali)*; C.A.I. Sez. Etna, G.G.C., Catania.
 Condarelli D., 1974: *Le grotte vulcaniche, loro genesi e morfologia*; Atti del XI Congr. Naz. di Spel.; Mem. XI di R.S.I., T. II, pp. 29-31.
 Licitra G. M., 1976: *Vulcanismo e grotte laviche*; 4° Corso di Speleol., G.G.C. C.A.I., Catania, pp. 34-49.
 Poli E., 1959: *Genesi e morfologia di alcune grotte dell'Etna*; Boll. Soc. Geogr. Ital., S. 8, V. 12, pp. 452-463.
 Rittmann A., Romano R. e Sturiale C., 1971: *L'eruzione etnea dell'aprile-giugno 1971*; Atti Acc. Gioenia di Sc. Nat. in Catania, S. VII, V. III.
 —, 1973: *Some considerations on the 1971 Etna eruption and on the tectonophysics of the Mediterranean area*; Geol. Rund., B. 62, H. 2, pp. 418-430.

crollo
zona del tunnel la cui
parete originaria è crollata
scorie laviche



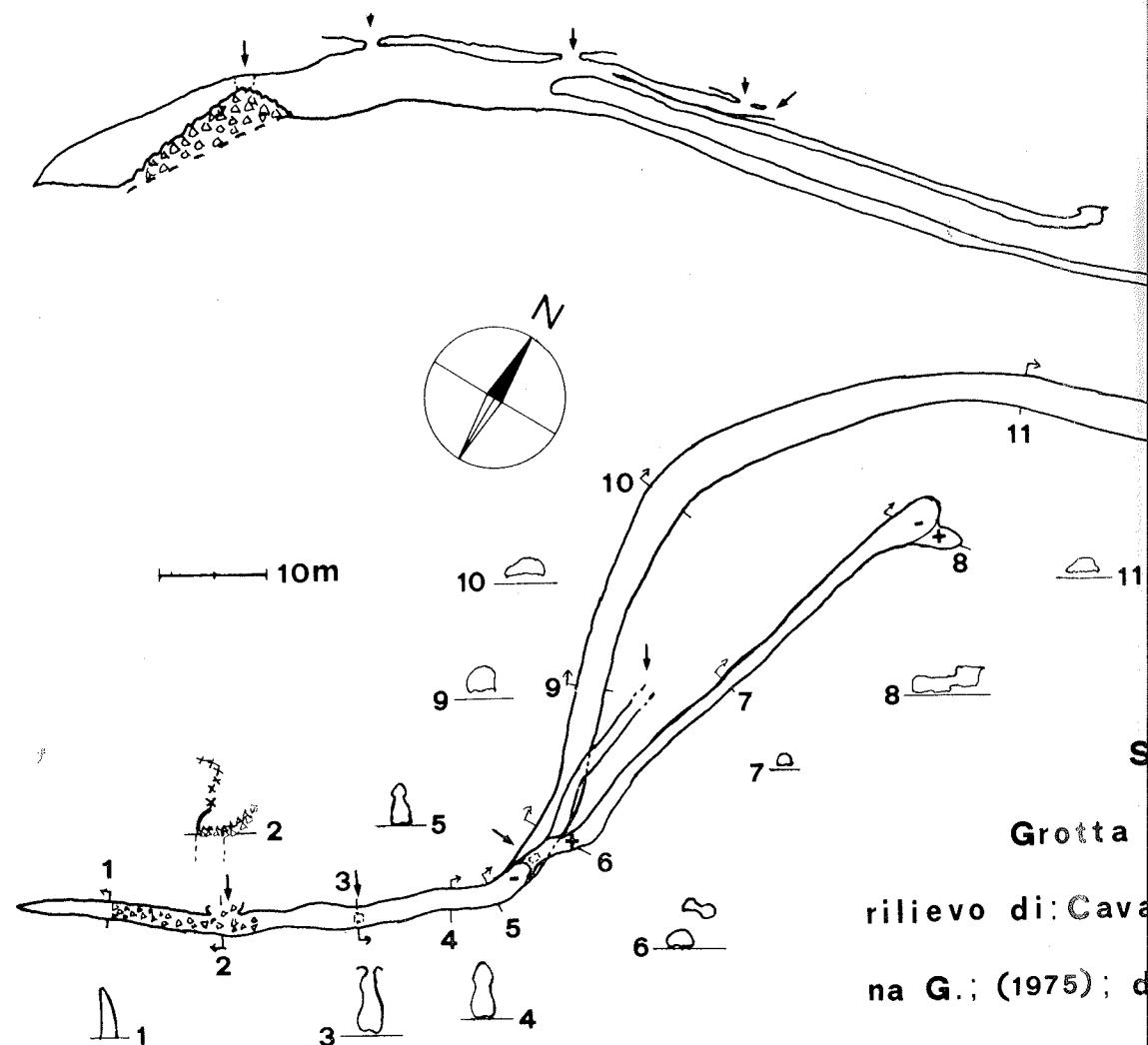
sentano scabrose e striate per tutta la loro altezza, nella galleria le striature le interessano soltanto nella parte inferiore; la parte superiore delle pareti e la volta della galleria si presentano uniformemente ricoperte da una superficie vetrosa di rifusione. Dalla volta pendono numerose piccole stalattiti di rifusione, e festoni e brandelli di lava, anch'essi smaltati per rifusione. Lungo le pareti si osservano inoltre frequenti rigonfiamenti (*blisters*) originati da bolle di gas che talvolta sono esplose lasciando delle piccole cavità circolari coi bordi lacerati.

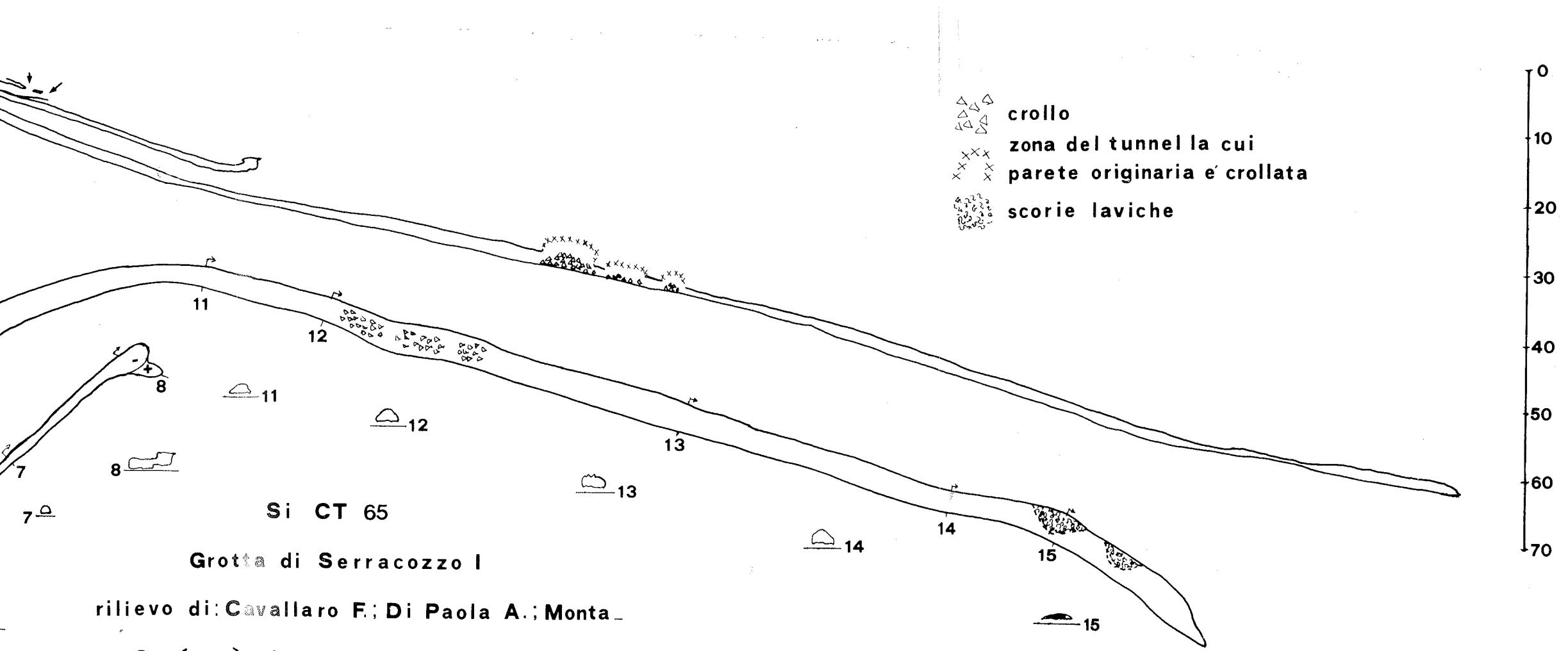
Il pavimento della fessura eruttiva è ricoperto da una fitta serie di foglietti di ripiegamento di modeste dimensioni; all'inizio del tratto E si notano pure ai piedi delle pareti, due rotoli di lava. Lo stesso particolare morfologico si nota anche al termine della galleria principale, mentre il suo pavimento è ricoperto per tutta la sua lunghezza da scorie di lava *aa* parzialmente saldate.

Segnaliamo infine che in corrispondenza delle tre zone di crollo nella galleria principale il rivestimento presenta uno spessore veramente esiguo (1-5 cm.), ed il materiale soprastante è costituito in massima parte da scorie parzialmente incoerenti, per cui riteniamo si tratti del letto di un flusso lavico soprastante, anche se la sua vera natura potrà essere ipotizzata soltanto dopo che sarà stato eseguito il rilevamento topografico esterno della cavità.

BIBLIOGRAFIA

- Brunelli F. e Scammacca B., 1975: *Grotte vulcaniche di Sicilia (Notizie catastali)*; C.A.I. Sez. Etna, G.G.C., Catania.
- Condarelli D., 1974: *Le grotte vulcaniche, loro genesi e morfologia*; Atti del XI Congr. Naz. di Spel.; Mem. XI di R.S.I., T. II, pp. 29-31.
- Licitra G. M., 1976: *Vulcanismo e grotte laviche*; 4^o Corso di Speleol., G.G.C. C.A.I., Catania, pp. 34-49.
- Poli E., 1959: *Genesi e morfologia di alcune grotte dell'Etna*; Boll. Soc. Geogr. Ital., S. 8, V. 12, pp. 452-463.
- Rittmann A., Romano R. e Sturiale C., 1971: *L'eruzione etnea dell'aprile-giugno 1971*; Atti Acc. Gioenia di Sc. Nat. in Catania, S. VII, V. III.
- , 1973: *Some considerations on the 1971 Etna eruption and on the tectonophysics of the Mediterranean area*; Geol. Rund., B. 62, H. 2, pp. 418-430.





Atti della
Settimana Speleologica Catanesi
Catania, 24-30 agosto 1975

Gruppo Grotte Catania
Sez. Etna del C.A.I.

Catania, 1977
pagg. 249/261

APPENDICE IV

Giuseppe M. Licitra (*)

LE GROTTE DI SCORRIMENTO LAVICO; CENNI SULLE TEORIE GENETICHE

RIASSUNTO — Le grotte di scorrimento lavico sono generate dagli stessi fenomeni che generano le rocce laviche, dunque sono cavità *syngenetiche*. Lo studio di queste cavità è la Vulcanospeleologia.

Vengono dati alcuni cenni sul vulcanismo e sui fenomeni vulcanici effusivi. Le gallerie di scorrimento si formano nelle lave più fluide, quali *pahoehoe* e *aa*; la loro genesi è regolata dalla combinazione di fattori chimico-fisici e meccanici.

Sebbene la Vulcanospeleologia sia stata piuttosto trascurata dagli speleologi, il fenomeno ha interessato numerosi naturalisti e vulcanologi anche in Italia e da più parti sono stati dati vari contributi alla sua conoscenza. Si accenna brevemente all'evoluzione delle ricerche in questo campo e si riassumono alcune teorie speleogenetiche. Le più importanti sono le teorie del *flusso laminare* e della *layered lava*: esse vengono generalmente accettate e ulteriormente sviluppate alla fine degli anni '60.

La ricerca di modelli terrestri delle caratteristiche morfologiche lunari imprime nuovo impulso allo studio delle gallerie di scorrimento lavico: lo studio sul terreno dei tubi lavici in via di formazione induce alcuni specialisti a proporre nuovi meccanismi speleogenetici, confutando la validità della teoria della *layered lava*.

Si esprimono alcune considerazioni sulle teorie speleogenetiche esaminate, ribadendo la validità delle teorie della *layered lava* e del *flusso laminare*, e si manifesta la convinzione che i molti interrogativi tuttora esistenti in questo campo d'indagine possono essere risolti soltanto con nuovi studi e con il sistematico confronto dei dati raccolti.

SUMMARY — Lava tube caves are generated by the same phenomena which control lava rock genesis, therefore they are *syngenetic* caves. The relevant field of investigation is named Volcanospeleology.

Volcanism and effusive volcanic phenomena are outlined. Lava tube caves are formed in very fluid lava, as *pahoehoe* and *aa* lava. Their genesis is controlled by the interaction of physical, chemical and mechanical factors.

(*) Gruppo Grotte Catania della Sezione Etna del C.A.I.

Though Volcanospeleology has been rather neglected by speleologists, lava tube genesis has interested naturalists and volcanologists even in Italy. Several contributions on this subject have been added by many specialists. A storical evolution of investigations on the subject is summarized and some speleogenetic theories are outlined. The most important ones are the so-called *laminar flow* and *layered lava* theories. They were generally accepted and further improved at the end of the 1960s.

The search for terrestrial analogues to the lunar surface features stimulated further interest in the investigation field of the lava tube genesis. Field evidence and observational data on actively forming lava tubes led some specialists to propound diverse speleogenetic processes. The *layered lava* theory was disproved.

Some considerations on the examined theories are added, which reconfirm the validity of the *layered lava* and the *laminar flow* theories. However the belief is expressed that the genesis of lava tubes still offers several problems which must be solved. Further investigation and methodical comparison of all collected data is required.

Introduzione

Oltre alle cavità generate da meccanismi erosivi, tettonici o di altra natura in una massa rocciosa preesistente, definite cavità *epigenetiche*, esistono — e sono molto più diffuse di quanto non si creda — grotte la cui genesi è contemporanea a quella della roccia che le ospita, definite per questo motivo cavità *singenetiche* (Montoriol-Pous e De Mier, 1969).

Queste cavità, che vengono studiate dalla Vulcanospeleologia, sono state stranamente trascurate dalla Speleologia ufficiale, specialmente in Italia; esse vengono studiate in massima parte da specialisti stranieri spinti da interessi morfologici connessi con il vulcanismo piuttosto che da interessi più spiccatamente speleologici. Questo lavoro vuole essere un contributo ad una maggiore conoscenza del problema in campo speleologico.

Cenni sul Vulcanismo e sui fenomeni effusivi

Pur senza entrare nei particolari, ritengo necessario accennare brevemente al Vulcanismo ed ai fenomeni effusivi ad esso collegati.

Esistono diverse teorie sulla composizione interna della Terra, contrastanti tra loro. È comunque generalmente accettato che la crosta terrestre solida galleggia sopra un substrato fluido più pesante, il *mantello*, composto in massima parte di silicati di Fe e Mg fusi. Per motivi connessi con l'interazione della rotazione terrestre e delle attrazioni combinate della Luna e del Sole la crosta terrestre è soggetta a movimenti di deriva e di marea di ampiezza continentale, ai quali reagisce in certe zone corrugandosi oppure fratturandosi. In corrispondenza di queste zone, dette rispettivamente *ogenetiche* e *cratoniche*, si ha l'insediamento dei vulcani. Essi rappresentano linee di minore resistenza attraverso le quali affiorano in superficie masse fuse endogene dette *magmi*⁽¹⁾.

I magmi si possono definire come una soluzione molecolare di silicati e di gas ad elevatissima temperatura e pressione; le lave che ne derivano hanno una

composizione chimica ed un comportamento che variano a seconda della zona di provenienza.

I vulcani insediati nelle zone di corrugamento, detti quindi *vulcani orogenici*, sono alimentati da focolai poco profondi con materiale composto in prevalenza da silicati di Al, proveniente dalla rifusione (*anatessi*) delle rocce della crosta terrestre; le lave di questi vulcani sono fortemente viscose e l'attività è in massima parte esplosiva.

Invece i vulcani dislocati nelle zone cratoniche attingono da focolai molto più profondi alimentati, attraverso i sistemi di fratture regionali su cui sono insediati, direttamente dalla zona di contatto tra la crosta e il mantello terrestre. Le loro lave ricche di silicati di Fe e Mg giungono in superficie a temperature più elevate, con un notevole quantitativo di gas endogeni ancora disciolti nella massa e in condizioni di fluidità notevolmente elevate, per cui si hanno fenomeni prevalentemente effusivi con abbondante emissione di lave che si espandono sul terreno circostante dando origine ad edifici a pendenza molto moderata, detti *vulcani-scudo* o *shield-volcanoes*.

Naturalmente esiste tutta una gamma di vulcani che si collocano tra i due tipi sopra descritti, sia per le manifestazioni di cui sono sede che per il chimismo delle rispettive lave; grosso modo possiamo dire che il tipo intermedio è un vulcano dove l'attività esplosiva si alterna con quella effusiva e la sua struttura è riconducibile idealmente ad un'alternanza di lave e materiali piroclastici più o meno cementati. In questo caso l'edificio ha forma conica con pendii più pronunciati, ed è definito *vulcano-strato*. Il nostro Etna appartiene strutturalmente a questo tipo, ma la sua posizione in una zona fortemente interessata da faglie regionali tuttora beanti, il chimismo delle sue lave (che vanno dai basalti più antichi alle attuali hawaiiti e tefriti) e l'abbondanza delle manifestazioni effusive ne fanno un tipico vulcano cratonico (Rittmann, 1973).

Da quanto si è detto appare evidente che le grotte di scorrimento si possono formare soltanto nelle lave dei vulcani di tipo cratonico, sulle quali influisce comunque una serie interdipendente di fattori chimico-fisici (temperatura e composizione chimica della massa fusa e quantità e suddivisione dei gas in essa disciolti, e quindi viscosità) e meccanici (esistenza di un pendio, superficie topografica del terreno, ecc.).

A parità di pendenza, temperatura e chimismo una lava è tanto più fluida quanto maggiore e più finemente suddiviso è il suo contenuto di gas endogeni; in questo caso la colata presenta superfici arrotondate, mammellonate, *a corde e budella* e viene detta *pahoehoe*. Se la suddivisione dei gas — sempre abbondanti — è minore si ha una lava *aa*, leggermente più viscosa e che si ricopre di una coltre di scorie bollose, rotondeggianti, di piccole dimensioni; queste lave sono le più frequenti sull'Etna. Nelle lave più povere di gas la colata assume un aspetto massiccio, scorre con difficoltà e si presenta ricoperta da una massa caotica di lastroni e blocchi a spigoli vivi.

È ovvio che le gallerie di scorrimento sono molto più frequenti nelle lave *pahoehoe* che in quelle *aa*; in una colata di lava a blocchi, a causa del suo meccanismo di avanzamento, ben difficilmente si potrà formare una galleria di scorrimento.

(1) Non bisogna confondere questo termine con quello corrispondente di *lava*, che definisce il fluido nel quale coesistono fisicamente ben distinti i vari componenti allo stato solido, liquido e gassoso. Il termine *lava* definisce anche la roccia effusiva (vulcanite) solidificata a contatto con l'aria e in condizioni normali di pressione e temperatura.

Cenni storici sulle ricerche speleogenetiche

La formazione di una galleria di scorrimento, nelle linee generali, dovrebbe essere intuitiva; la descrive efficacemente il viaggiatore inglese G. Hartwig (1891) nel suo libro « *The Subterranean World* »:

« ... Quando la lava continua a fluire viene ricoperta da una crosta ruvida che all'interno racchiude il fluido come in un condotto. Ma quando dalla bocca eruttiva diminuisce o cessa completamente l'afflusso di nuova lava, la parte centrale del condotto ancora fluida continua a scorrere per qualche tempo, lasciando spesso dei canali vuoti, coperti da una volta sottile e instabile... Queste coperture arcuate presentano formazioni pseudostalattitiche, dovute allo scolamento del liquido, che sono ricoperte da uno smalto vetroso » (Wood, 1971, pag. 252).

Nella recente bibliografia vulcanologica italiana troviamo diversi accenni alla genesi delle grotte vulcaniche e alle gallerie di scorrimento ad opera di Ponte (1922), Gurrieri (1933), Cumin (1954), ma nessuno di essi si discosta dal principio elementare già citato da Hartwig. Numerosi dati su diverse grotte dell'Etna sono contenuti in relazioni inedite dello speleologo Francesco Miceli, socio del C.A.I. Etna e fondatore del Gruppo Grotte Catania, a testimonianza dell'attività da lui svolta dal 1933 al 1964; le relazioni sono custodite nell'Archivio del Gruppo Grotte Catania ed hanno fornito la base per successivi lavori.

Frattanto da varie parti vengono proposti meccanismi più elaborati di quelli descritti da Hartwig: ad Hawaii Jagger (1931) parla per la prima volta del fenomeno di rifusione all'interno dei tubi per reazioni esotermiche dei gas vulcanici con l'ossigeno atmosferico; in uno studio dei basalti del New Mexico Nichols (1936) descrive le *flow units* o unità di scorrimento; Skeats e James (1937), in Australia, suggeriscono l'ipotesi che queste unità possano confluire in condotti di maggiori dimensioni per collasso delle pareti. Ancora ad Hawaii Finch (1943) introduce il concetto che la lava fluida possa incidere il proprio letto per rifusione ed esarazione. Osservando l'eruzione dell'Hekla, in Islanda, Kjartansson (1949) attribuisce la genesi delle gallerie di scorrimento alla progressiva formazione di croste galleggianti sulla superficie di un canale di lava e al contemporaneo accrescimento degli argini verso il filo della corrente; ad Hawaii Wentworth e Macdonald (1953) approfondiscono l'argomento e propongono l'alternativa che i tubi si formino anche nelle unità di scorrimento.

A Catania Cucuzza-Silvestri (1957) descrive una cavità a volta ogivale nella colata etnea del 1819, attribuendone la genesi a ripetuti traboccamimenti della lava molto fluida sopra gli argini di un canale, in seguito a variazioni di portata alla bocca eruttiva, fino alla sua completa chiusura. Condarelli (1974) propone per la prima volta all'attenzione degli speleologi italiani l'argomento delle grotte laviche, con una relazione presentata al Congresso di Speleologia di Genova.

Principali teorie speleogenetiche

Tralasciando quelle teorie che ipotizzano o descrivono la formazione di altri tipi di grotte vulcaniche o di dettagli morfologici di interesse locale, ho ritenuto

più opportuno sintetizzare qui di seguito soltanto le teorie di applicazione più generale e maggiormente diffuse in campo vulcanospeleologico.

Teoria del flusso laminare

In una nota sulle grotte dell'Etna presentata alla Società Geografica Italiana, Emilia Poli (1959) riferisce il concetto, enunciato da Rittmann, che all'interno di una colata la lava si muove con moto laminare suddividendosi in superfici lamellari cilindriche concentriche, aventi viscosità crescente dal centro verso la periferia.

Poiché la massa fusa reagisce elasticamente alle sollecitazioni brusche e plasticamente a quelle progressive, quando la tensione nella massa viscosa raggiunge il limite di rottura in un tempo più breve di quello di rilassamento — il che avviene con l'aumentare della viscosità — le lamine di cui essa è composta si separano secondo superfici parallele; pertanto al cessare dell'alimentazione lo svuotamento del tubo avverrà grazie allo slittamento in avanti di queste lamine cilindriche, alla stessa guisa dell'allungamento di un cannocchiale.

Teoria della « layered lava ».

Durante lo studio sistematico delle grotte laviche dello stato di Victoria, in Australia, Ollier e Brown (1965) notano che i concetti tradizionali « *non riescono a spiegare tutte le forme e le caratteristiche strutturali dei tubi lavici osservati* ». Pertanto, basandosi sul concetto di flusso laminare nelle lave e sull'osservazione che nelle gallerie in cui è crollato il rivestimento interno la lava circostante si presenta in banchi subparalleli, separati da zone bollose o da vere e proprie soluzioni di continuità simili ai giunti di stratificazione, essi definiscono *layered lava* questa formazione ed enunciano una nuova teoria nella quale si suppone che all'interno di una colata la lava si suddivida in una fase *virtualmente liquida* (sotto forma di cilindri allungati che occupano zone tubolari all'interno della lava *solida*) abbastanza fluida da evacuare il tubo, ed una fase *virtualmente solida*, capace di sostenere il peso della volta e delle pareti senza crollare.

« *La lava si muove con moto laminare e la suddivisione in strati è determinata dall'aumento della viscosità. I singoli strati sono separati da zone bollose e da lava più fluida. Lo spessore degli strati aumenta con l'aumentare della viscosità, ma dipende anche dalla portata del flusso che a sua volta è influenzato dalla pendenza: quanto maggiore è la portata, tanto più sottili sono gli strati* (Rittmann, 1962)... *Quando la layered lava ha preso forma, la lava più viscosa va negli strati, mentre la più liquida (insieme con molti componenti volatili) si concentra tra le lamine; a questo punto accade una cosa veramente insolita e strana.*

« *La lava liquida si differenzia ulteriormente e va ad occupare dei tubi che si prolungano attraverso la lava a strati: essi sono completamente pieni di liquido che si muove a pressione idrostatica; talvolta il livello* ⁽²⁾ »

⁽²⁾ Ovviamente gli AA. si riferiscono qui al livello topografico del tubo all'interno della colata, e non della lava all'interno del tubo; questo concetto viene successivamente sviluppato e ampliato da Greeley e Hyde (1971).

dei tubi può variare per cui il liquido per brevi tratti scorre in contropendenza, ma in genere essi sono inclinati verso valle. La lava liquida è molto fluida e può eventualmente concentrarsi in pochi tubi maggiori, che rappresentano una costante sorgente di calore e il liquido ivi contenuto, surriscaldato, può anche erodere o rifondere una parte della layered lava formatasi in precedenza. In ogni caso tutti questi fenomeni si verificano contemporaneamente: solidificazione e rifusione, scorrimento e pressione idrostatica agiscono tutti nello stesso tempo. Il risultato finale è rappresentato da cilindri di lava virtualmente liquida che scorrono dentro tubi immersi in una massa di lava virtualmente solida».

(Ollier e Brown, 1965, pagg. 228-229)

Rappresentazione grafica dei modelli speleogenetici

Le teorie descritte precedentemente hanno il difetto di essere enunciate soltanto in forma scritta, pertanto si possono anche prestare ad interpretazioni soggettive che travisano i concetti enunciati dagli AA. Gli studiosi che si sono interessati successivamente al problema hanno invece accompagnato i meccanismi ipotizzati con modelli grafici che chiariscono i concetti espressi.

Studiando il comportamento di un flusso lavico in un'incisione valliva Macdonald (1970) propone un modello semplice, applicabile alle singole unità di scorrimento, che riprende sostanzialmente i concetti espressi da Hartwig (fig. 1).

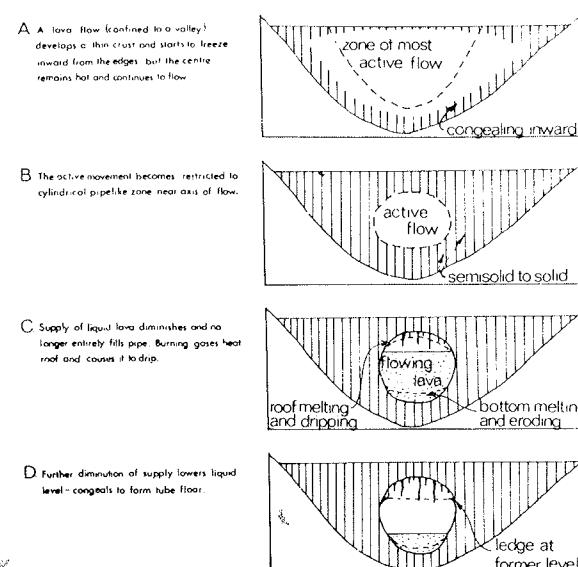


Fig. 1 - Speleogenesi nelle lave secondo Macdonald (da Wood, 1974).

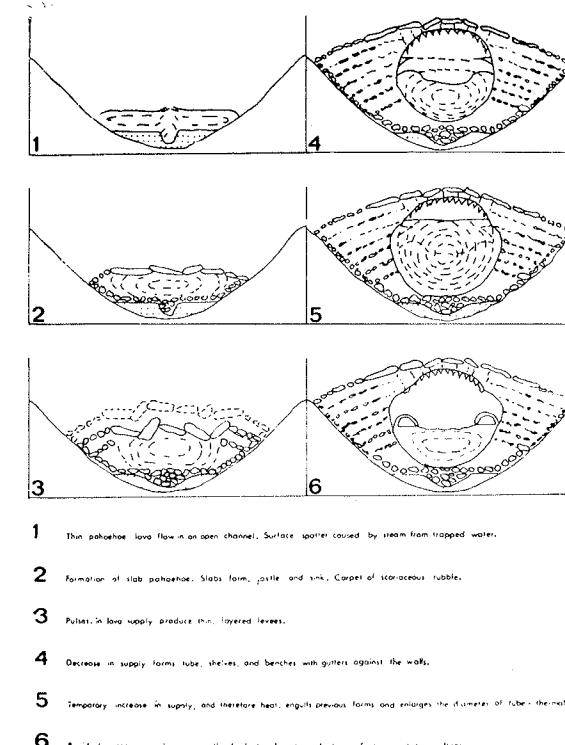


Fig. 2 - Speleogenesi nelle lave secondo Kermode, 1970 (da Wood, 1974)

Quasi contemporaneamente Kermode (1970), sempre riferendosi ad un flusso lavico che scorre in un'incisione valliva, propone un modello più elaborato che tiene conto del progressivo allargamento e ispessimento della colata, consentendo l'identificazione di orizzonti stratigrafici e ipotizzando un ampliamento del tubo per erosione termica (fig. 2); questo modello sembra sintetizzare efficacemente tanto la teoria del *flusso laminare* quanto quella della *layered lava*.

Greeley e Hyde (1971) riprendono la teoria di Ollier e Brown (1965) e la sviluppano ipotizzando che durante la fase più attiva la posizione del tubo può variare all'interno della colata (fig. 3) in funzione delle rispettive viscosità delle fasi *liquida* e *solida* e della pendenza del terreno; tuttavia essi ritengono che i principi del flusso laminare sono applicabili ai tubi che si formano su pendii moderati, mentre in quelli su pendii più ripidi interviene una certa turbolenza e la formazione delle grotte avviene per accrescimento degli argini di un canale fino alla sua completa chiusura, mediante la successiva aggiunta di spruzzi di lava.

Wood (1971) reca un sensibile contributo alla conoscenza del problema studiando in Islanda la genesi della Raufarhóllshellir. Egli tuttavia respinge *in toto* l'ipotesi della *layered lava* ed il modello di Greeley e Hyde (1971); si ricollega invece ai concetti enunciati da Nichols (1936) ed allo studio di colate in movimento di Kjartansson (1949), Wentworth e Macdonald (1953) e dello stesso Greeley (1971) e propone un nuovo modello speleogenetico basato sulla coalescenza di singole unità di scorrimento (*tubi primari*) che confluiscono in tubi di maggiori dimensioni (*tubi secondari*) (figg. 4 e 5).

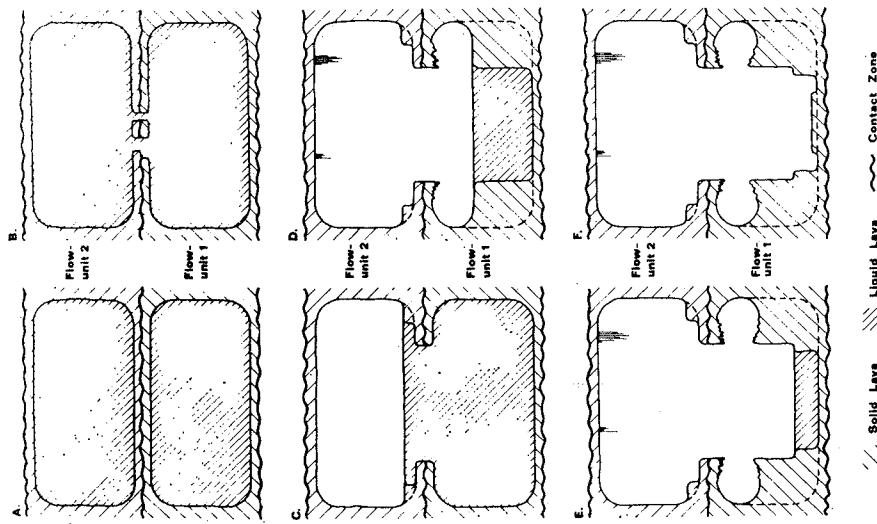


Fig. 3 - Formazione dei tubi lavici secondo Greeley e Hyde (1971).

Fig. 4 - La formazione di un condotto secondario sovrapposte (secondo Wood, 1971).
—, Solid Lava —, Liquid Lava

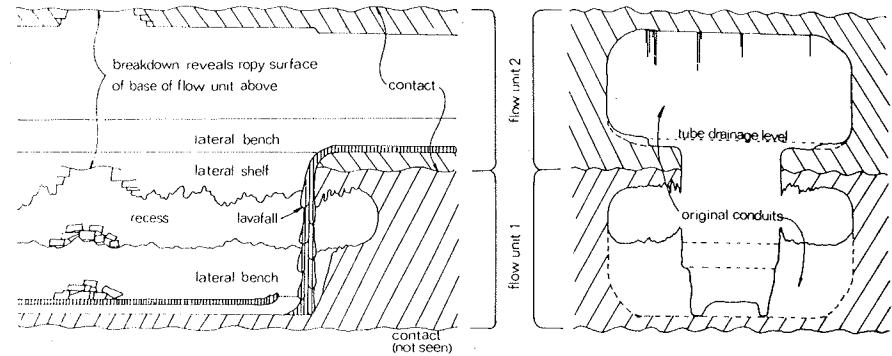


Fig. 5 - Schema di un condotto secondario nella Raufarhólshellir, secondo Wood, 1971.

Teorie speleogenetiche basate sull'osservazione diretta

La ricerca di modelli terrestri per l'interpretazione delle strutture morfologiche della superficie della Luna e di Marte, sulla scorta dei dati raccolti dalle missioni spaziali Apollo e Mariner, imprime nuovo vigore allo studio dei fenomeni vulcano-speleogenetici, inducendo i ricercatori a studiare *dal vivo* la formazione dei tubi di lava durante le eruzioni del Kilauea (Hawaii, 1969-1972) e dello Heimaey (Islanda, 1973). Importanti contributi sono prodotti sull'argomento da Greeley (1971) (fig. 6), Cruikshank e Wood (1972), Wood (1974) e Peterson e Swanson (1974).

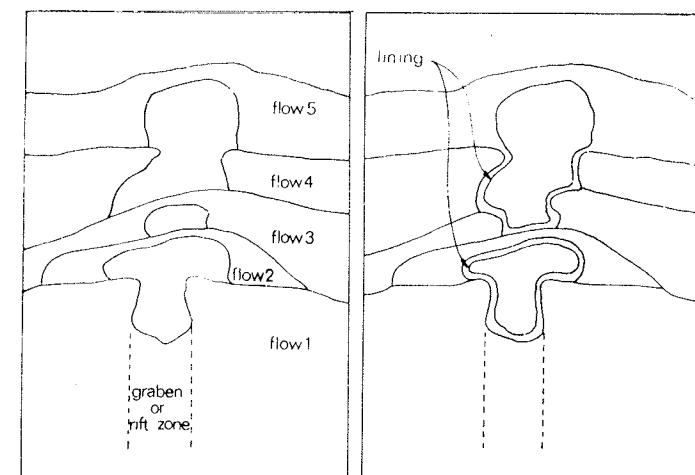


Fig. 6 - Formazione e modificaione di strutture laviche in seguito a sovrapposizione e coalescenza di colate successive (secondo Greeley, 1971).

Questi ultimi osservano dal vivo e descrivono accuratamente la formazione dei tubi di lava mediante il progressivo ricoprimento — con vari meccanismi — dei canali di lava; descrivono inoltre l'avanzamento delle colate mediante la continua emissione di lingue pahoehoe e unità di scorimento che si ricoprono vicendevolmente. Questi meccanismi danno origine ad intricate reti di canali e di tubi che si diramano e si ricongiungono in continuazione; attraverso occasionali *finestre* viene anche osservato e descritto il comportamento della lava all'interno dei tubi, la formazione di croste interne, di cascate di lava per fenomeni di cattura, ecc.

I principi della rifusione (Jagger, 1931) e delle unità di scorimento (Nichols, 1936), vengono riconfermati dall'osservazione diretta, e il concetto di erosione del canale (Finch, 1943) viene ripreso ed avallato. Invece viene nuovamente contestata la teoria di Ollier e Brown (1965) in quanto non si accetta il concetto del moto laminare e della suddivisione della lava in strati paralleli coevi; la formazione delle gallerie viene attribuita

- a) al ricoprimento di canali aperti mediante quattro differenti meccanismi;
- b) alla formazione di una crosta solida attorno ad una lingua di lava pahoehoe.

Wood (1974, 1976) ribadisce ulteriormente questi concetti adducendo la motivazione che i *cilindri di lava liquida* hanno perduto calore e quindi non sono capaci di erodere i condotti; inoltre egli respinge il concetto generale di flusso laminare e la teoria relativa (Poli, 1959) come puramente ipotetici, e ripropone i due meccanismi alternativi suggeriti da Peterson e Swanson (1974), sostituendo alla lingua pahoehoe l'unità di scorimento.

Considerazioni sulle teorie speleogenetiche esaminate

Lo studio delle grotte dell'Etna, alcune osservazioni fatte durante le più recenti eruzioni (1971 e 1975) e l'abbondante letteratura consultata mi inducono a ritenere che sul problema della genesi dei tubi lavici esista un sostanziale equivoco di fondo.

Ho osservato in più riprese il comportamento della lava emessa nel 1971 dalla bocca di q. 1840 in contrada Serracozzo, dove oggi si apre la Grotta di Serracozzo I, e la colata — di lava *aa* — procedeva dalla bocca con movimento uniforme di tutta la massa, racchiusa e convogliata tra due bastioni di scorie, senza che fosse possibile osservare le singole unità di scorimento; va tuttavia segnalato che il flusso lavico si muoveva sul fondo di un'incisione valliva abbastanza marcata. Il modello speleogenetico di questa grotta andrebbe dunque ricondotto, secondo me, a quello proposto da Kermode (1970).

Invece in una gita fatta nella primavera 1975 ad una bocca eruttiva (eruzione 1974-1976) a S di contrada Due Pizzi sul versante N dell'Etna, ho potuto notare che la lava — di aspetto *pahoehoe* — dopo avere stagnato a lungo ed essersi espansa ampiamente sul terreno pianeggiante della zona di affioramento, aveva infine costruito due canali che si dipartivano dalla bocca effusiva e si dirigevano verso N ricongiungendosi a breve distanza e scomparendo sotto una crosta a superficie unita. Nella zona pianeggiante in cui si apriva la bocca, ai margini dell'espansimento lavico in posizione notevolmente decentrata rispetto alle direzioni dei due canali, dalla coltre di lava già completamente solida si vedevano scaturire

lentamente dei boli di lava molto simili alle lingue *pahoehoe* descritte da Peterson e Swanson (1974) anche se di dimensioni piccolissime e ad elevatissima viscosità. Senza smentire quanto riferito dai ricercatori americani, credo di poter affermare che il meccanismo di espandimento di questa colata era — almeno nel punto da me osservato — perfettamente rispondente all'ipotesi avanzata da Ollier e Brown (1965).

Il concetto di *flusso laminare* in una lava dovrebbe essere intuitivo: esso appare perfettamente in linea con i principi di idrologia meccanica enunciati da Cigna (1974) a proposito della corrosione per diffusione da flusso ed a maggior ragione — secondo me — va applicato al movimento della lava in un condotto, data la sua viscosità di gran lunga superiore a quella dell'acqua (anche nel caso di lave molto fluide).

Inoltre mi sembra che alcune osservazioni e considerazioni fatte da Peterson e Swanson (1974) e da Wood (1974, 1976) siano in contrasto con le motivazioni addotte per respingere la teoria della *layered lava*. I due AA. americani parlano infatti di un grande tubo che dalla frattura del Mauna Ulu convoglia la lava verso il lago Alae Crater e di un secondo tubo che, disostruitosi, funge da regolatore dell'Alae e alimenta il flusso lavico a valle; ma quanto sono solide le pareti di questi due tubi? O non si ha forse un graduale passaggio della lava da uno stato altamente fluido ad uno altamente viscoso? Gli AA. non ne fanno menzione. Inoltre essi descrivono il progressivo abbassamento della lava all'interno dei tubi mentre la portata del flusso a valle si mantiene praticamente costante, e da questo desumono la convinzione che la corrente di lava possa incidere il fondo per esarazione e rifusione. Wood (1974) invoca questo stesso fenomeno per spiegare il congiungimento delle unità di scorimento sovrapposte ed afferma che quanto più velocemente si muove la lava, tanto minore sarà la perdita di calore che comunque è dovuta in massima parte a fenomeni di conduzione e solo in quantità trascurabile a fenomeni di convezione.

Da entrambe le parti si contesta però il concetto di una lava a temperatura e fluidità elevate che scorre in seno ad altre lave meno calde e fortemente viscose. A me sembra che proprio la laminarità del flusso lavico consenta al fluido, già efficacemente protetto dalla dispersione termica per conduzione grazie alla sua guaina di materiale altamente coibente, di mantenere praticamente inalterate fluidità e temperatura su distanze considerevoli in quanto le lamine parallele del fluido impediscono i movimenti convettivi in seno alla massa; lo stesso Wood⁽³⁾ ammette la possibilità che l'apparente turbolenza delle lave hawaiiane sia dovuta all'esplosione di bolle di gas alla superficie della colata e non a flusso turbolento. A questo si aggiunga anche che la temperatura all'interno dei tubi si mantiene elevatissima grazie alle reazioni esotermiche dei gas endogeni con l'ossigeno atmosferico, che addirittura arrivano a fluidificare delle lave già parzialmente cristallizzate.

⁽³⁾ Vedi Atti del Seminario sulle Grotte Laviche, Catania 27-28 agosto 1975, dibattiti.

Conclusione

Ritengo dunque perfettamente valide le teorie speleogenetiche di Ollier e Brown (1965) e di Poli (1959) nonché le interpretazioni grafiche proposte da Kermode (1970) e da Greeley e Hyde (1971) che sintetizzano tali teorie. Non va dimenticato infatti che anche in campo carsico diverse validissime teorie enunciate da più parti, presentavano interrogativi insolubili ed apparenti punti di contrasto, finché non venne proposta — ed universalmente accettata — la teoria di Boegli (1966) sulla corrosione per miscela d'acque.

Va comunque tenuto presente che queste teorie rappresentano dei modelli di carattere essenzialmente teorico: il concetto delle *lamine cilindriche* è infatti un modello meccanico difficilmente riprodotto nella realtà, che ipotizza la dinamica del flusso all'interno di un tubo comunque esso si formi; e la teoria della *layered lava* è anch'essa un'ipotesi di lavoro che sintetizza in un modello meccanico l'interazione delle varie parti di una colata in movimento. Ciò non esclude affatto — semmai vale a riconfermarlo — che i tubi di scorrimento si formino come è stato descritto da Peterson e Swanson (1974) e da Wood (1974, 1976). Va ricordato ancora che i due AA. americani basano le loro osservazioni sul comportamento delle lava hawaiiane, provenienti direttamente dal mantello terrestre ed eccezionalmente fluide, pertanto i meccanismi descritti da loro non possono essere uniformemente applicati a tutti i tubi di lava.

Dunque ritengo essenziale l'accettazione dei due concetti fondamentali di flusso *laminare* e di *layered lava*, come supporti insostituibili per tutte le altre teorie speleogenetiche delle grotte di scorrimento lavico.

In verità il problema è ancora molto poco conosciuto e la sua soluzione richiede lo studio e l'interpretazione di un'enorme massa di dati non ancora disponibili; il Seminario sulle Grotte Laviche è stato appunto organizzato con lo scopo di stimolare l'ambiente speleologico a considerare con maggiore attenzione il vasto terreno d'indagine che gli si offre in questo campo, a confrontare i dati raccolti e a fare il punto sulle attuali (ed ancora molto parziali) conoscenze.

Desidero esprimere qui i miei ringraziamenti all'amico Chris Wood, che mi ha fornito le bozze di stampa del suo ultimo lavoro consentendomi di consultarne la vasta bibliografia; desidero inoltre ringraziare i Dott. Cruikshank, Greeley, Montoriol-Pous e Peterson e l'amico Rino Semeraro per le pubblicazioni e le utili indicazioni fornitemi durante la preparazione del lavoro. Ringrazio infine Franco Cavallaro e gli altri consoci che mi hanno accompagnato nelle escursioni a Serracozzo, in Valle del Bove e ai Due Pizzi.

BIBLIOGRAFIA

- Boegli A. (1966): *La corrosione per miscela d'acque*; Atti e Mem. della C.G.E.B., V. VIII (19-33).
- Brunelli F. & Scammaca B. (1975): *Grotte vulcaniche di Sicilia (Notizie catastali)*; C.A.I. Sez. Etna, G.G.C., Catania.
- Cigna A. A. (1974): *L'effetto della diffusione da flusso quale fattore speleogenetico*; Atti del XI Congr. Naz. di Spel. di Genova, R.S.I., Mem. XI, T. I (245-249).
- Condarelli D. (1974): *Le grotte vulcaniche, loro genesi e morfologia*; ibid., T. II (29-31).
- Cruikshank D. P. & Wood C. A. (1972): *Lunar rilles and Hawaiian volcanic features: possible analogues*; The Moon, 3 (412-447).
- Cucuzza-Silvestri S. (1957): *L'apparato eruttivo laterale del 1819 in Valle del Bove (Etna)*; Boll. Acc. Gioenia di Sc. Nat. in Catania, IV, 3, 8 (1-30).
- Finch R. H. (1943): *Lava Rivers and their Channels*; The Volcano Letter, Hawaii, 480 (1-2).
- Greeley R. (1971): *Observations of actively forming lava tubes and associated structures, Hawaii*; Mod. Geol., 2 (207-223).
- Greeley R. & Hyde J. H. (1971): *Lava Tubes of the Cave Basalt, Mount St. Helens, Washington*; Geol. Soc. of America Bull., V. 83 (2397-2418).
- Jagger T. A. (1931): *Lava stalactites, stalagmites, toes and «squeeze-ups»*; The Volcano Letter, Hawaii, 345 (1-3).
- Kermode L. (1970): *Lava caves, their origin and features*; New Zealand Speleo Bull., 4, 76 (441-465).
- Licitra G. M. (1976): *Vulcanismo e grotte laviche*; 4° Corso di Spel. del G.G.C.-C.A.I./Etna (35-49).
- Mills M. T. (1971): *A bibliographic history of Icelandic lava cave exploration*; Trans C.R.G. of GB, 13, 4 (229-234).
- Montoriol-Pous J. & De Mier J. (1969): *Estudio morfogénico de las cavidades volcánicas desarrolladas en el malpaís de La Corona*; Geo y Bio Karst, VI 22 (524-562).
- Nichols R. L. (1936): *Flow-units in Basalt*; Jour. Geol., 44 (617-630).
- Ollier C. D. & Brown M. C. (1965): *Lava Caves of Victoria*; Bull. Volcanol., 28 (215-229).
- Peterson D. W. & Swanson D. A. (1974): *Observed Formation of Lava Tubes during 1970-71 at Kilauea Volcano, Hawaii*; Stud. in Spel., 2, 6 (209-222).
- Poli S. (1959): *Genesi e morfologia di alcune grotte dell'Etna*; Boll. Soc. Geogr. Ital., 8, 12 (452-463).
- Rittmann A. (1963): *Les volcans et leur activité*; Masson & Cie., Paris.
- (1973): *Structure and Evolution of Mount Etna*; Trans. R. Soc. Lond., 274 (5-16).
- Rittmann A., Romano R. & Sturiale C. (1971): *L'eruzione etnea dell'aprile-giugno 1971*; Atti Acc. Gioenia di Sc. Nat. in Catania, VIII, III (1-30).
- Wood C. (1971): *The nature and origin of Raufarhóllshellir*; Trans. C.R.G. of GB, 13, 4 (245-256).
- (1974): *The genesis and classification of lava tube caves*; Trans. B.C.R.A., 1, 1 (15-28).
- (1976): *Caves in Rocks of Volcanic Origin*; in «The Science of Speleology», B.C.R.A. (127-150).

INDICE

<i>Prefazione</i>	pag.	7
Programma della Settimana Speleologica Catanese	»	9
Comitato Organizzatore	»	11
Comitato d'Onore	»	12
Elenco dei Partecipanti e Accompagnatori	»	13
Elenco delle persone e degli Enti aderenti	»	16
Enti finanziatori	»	17
La Settimana Speleologica Catanese	»	19

ATTI DEL SEMINARIO SULLE GROTTE LAVICHE

<i>Introduzione</i>	»	25
Servizi tecnici	»	27
Comitato Scientifico	»	28
Programma del Seminario sulle Grotte Laviche	»	29
Seduta inaugurale	»	31
Seconda seduta; interventi e dibattiti	»	39
Terza seduta; interventi e dibattiti	»	47
Quarta seduta; interventi e dibattiti	»	53
Dibattito generale	»	63

RELAZIONI E COMUNICAZIONI

A. Rittmann - <i>Formazione delle grotte vulcaniche</i>	»	87
C. Wood - <i>Factors contributing to the genesis of caves in lava</i>	»	101
<i>Fattori che influenzano la formazione delle cavità nella lava</i> (traduzione)	»	115
D. W. Peterson & D. A. Swanson - <i>Formazione di tubi lavici osservata durante l'eruzione 1970/71 del vulcano Kilauea, Hawaii</i> (traduzione)	»	127
C. D. Ollier - <i>Lava caves, lava channels and layered lava</i>	»	149
<i>Grotte laviche, canali di lava e « layered lava »</i> (traduzione)	»	159
J. Montoriol-Pous & J. De Mier - <i>Estudio de un caso de captura subterránea de una corriente de lava, observado en la Cueva de Don Justo (Isla de El Hierro, Canarias)</i>	»	169
<i>Studio di un caso di cattura sotterranea di una colata lavica, osservato nella « Cueva de Don Justo » (Isola di El Hierro, Canarie)</i> (traduzione)	»	175
G. Pasquini - <i>Convergenze e diversità delle forme vulcaniche e di quelle carsiche</i> (riassunto)	»	179
R. Greeley - <i>Lava tubes on other planets</i>	»	181
<i>Tubi lavici su altri pianeti</i> (traduzione)	»	193

A. Lucrezi - <i>Le prime esplorazioni di grotte laviche</i>	» 197
F. Brunelli & B. Scammacca - <i>Le grotte dell'Etna: stato attuale delle conoscenze</i>	» 201
D. Caruso - <i>La problematica biologica delle cavità nelle lave</i> (compendio)	» 205
E. G. Picone - <i>Presenze umane di età preistorica nel territorio etneo</i> . .	» 209
S. Cucuzza-Silvestri - <i>Le grotte vulcaniche dell'Etna e il loro studio</i> . .	» 215

APPENDICI

Appendice I - Cenni biografici sugli Autori	» 233
Appendice II - Mostra Internazionale del Manifesto Speleologico . .	» 241
Appendice III - Escursioni del 25 e 26 agosto:	
a) Si/CT/1004 - Grotta dei Tre Livelli, di F. Brunelli & B. Scammacca	» 243
b) Si/CT/1065 - Grotta di Serracozzo I, di F. Cavallaro & G. M. Licitra	» 245
Appendice IV - G. M. Licitra - <i>Le grotte di scorrimento lavico; cenni sulle teorie genetiche</i>	» 249

INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI FUORI TESTO

Momenti della Settimana Speleologica Catanesi	» 22-23
Comportamento delle lave del Kilauea	» 148-149
Si/CT/1065 - Grotta di Serracozzo I	» 248-249