

A PROPOSITO DI ALCUNE CONCREZIONI DELLE GROTTI DI LAVA DELL'ETNA

M. DEL MONTE - Istituto di Geologia, Università di Bologna

P. FORTI - Istituto Italiano di Speleologia, Bologna

E. RABBI - Istituto Italiano di Speleologia, Bologna

Riassunto

All'interno delle grotte laviche dell'Etna esistono molte piccole concrezioni dovute all'acqua meteorica di infiltrazione. Le morfologie di queste concrezioni sono molto simili a quelle delle analoghe forme nelle grotte carsiche.

Lo studio mineralogico e chimico di campioni di concrezioni prese in 4 differenti grotte dell'Etna ha dimostrato come queste siano formate essenzialmente da ossidi idrati di Silicio (Opale), di alluminio e di ferro; in un solo campione è stata trovata una certa percentuale (13%) di Calcite. Si è anche giunti all'individuazione di un minerale secondario di grotta: la Pistacite ($\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$), che si forma nel substrato delle concrezioni per azione dell'acqua meteorica. Tale minerale si presenta sotto forma di piccoli cristalli di color verde giallo pallido.

La contemporanea presenza di concrezioni di Opale molto recenti e molto antiche, però sempre attive, ha permesso di evidenziare come la deposizione di questo minerale in ambiente di grotta sia possibile anche in climi temperati e da parte di acque a chimismo del tutto normale.

Summary

Inside Mt Etna lava tubes, several small speleothems due to the seepage of meteoric water have been observed. The morphologies of these concretions are quite similar to those present in Karst cavities.

The dripstones are mostly composed by Silicium, Iron and Aluminium hydrated oxides. The mineralogical analyses allowed to define Pistacite ($\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$) as a new cave mineral, whose forming is due to weathering.

Moreover, the presence of young Opale formations, together with very old but still active ones, suggests that the deposition of this mineral in cave environments is possible also in temperate climate.

Introduzione

La vulcanospeleologia si é molto sviluppata negli ultimi decenni ed ha permesso di spiegare la maggior parte dei vari meccanismi che portano alla genesi e all'evoluzione morfologica delle grotte laviche.

Un aspetto della vulcanospeleologia che a tutt'oggi é ancora assai trascurato, come si può rilevare dalla scarsa bibliografia in merito, é quello relativo alla genesi dei riempimenti chimici secondari legati all'azione delle acque meteoriche percolanti all'interno di queste cavità (Harter, 1973; Hill, 1976; Lindsey, 1966; Rimbach, 1963; Swartzlow e Keller, 1937).

In questo panorama non fa eccezione l'Etna, ove da oltre 50 anni vengono esplorate e studiate le grotte laviche, senza che mai si siano analizzate in dettaglio le concrezioni che esse contengono.

Si é ritenuto utile, quindi, illustrare alcune caratteristiche morfologiche e chimiche di concrezioni rinvenute in 4 differenti grotte laviche dell'Etna, per poi giungere a delineare un possibile meccanismo genetico, che, per le sue implicazioni, potrebbe anche essere utile nello studio di analoghe forme rinvenute in grotte non vulcaniche.

Le grotte studiate

Si sono analizzate 4 grotte (Brunelli e Scammacca, 1975) di età molto differente, da preistorica (G.Micio Conti e G.Marrano) a recentissima (G.di Serracozzo, 1971) e questo per evidenziare l'influenza del fattore tempo nella formazione delle eventuali concrezioni.

Si é osservato che in tutte le grotte analizzate esistono più o meno grossi depositi concrezionali che, nella Grotta del Santo raggiungono anche dimensioni di circa 10 cm.

Anche se nelle grotte più antiche le concrezioni sembrano essere generalmente più sviluppate, l'esistenza di cannule (Fig.1) nella Grotta di Serracozzo già nel 1976 indica come i processi concrezionali in queste cavità non siano certamente lenti, come sino ad oggi si era propensi a credere.

Morfologia delle concrezioni

Dal punto di vista morfologico le concrezioni presenti nelle grotte laviche dell'Etna non si discostano da quelle analoghe delle grotte carsiche.

Sono state osservate cannule (G.di Serracozzo), stalattiti (G. Marrano), coralloidi (G. Marrano e Micio Conti), crostoni e patine (G. Marrano, Micio Conti e del Santo), microvaschette (G. Marrano), infiorescenze (G.di Serracozzo e del Santo).

Il colore delle concrezioni varia dal bianco candido delle cannule al rosso di alcune infiorescenze al grigio nerastro di alcune patine.

La morfologia esterna di questi depositi chimici sembra dipendere, come accade per le concrezioni per così dire normali, dal tipo di moto cui é sottoposta l'acqua concrezionante. All'interno presentano bande di accrescimento che sono in genere molto più sottili di quelle delle concrezioni calcaree.

In conclusione quindi possiamo affermare che, dal punto di vista

strettamente morfologico, queste concrezioni sono identiche a quelle formate nelle comuni grotte carsiche, anche se i processi chimico-fisici che le generano sono sicuramente molto differenti.

Parte Sperimentale

Tutti i campioni sono stati analizzati per via diffrattometrica col metodo delle polveri. I diffrattogrammi ottenuti sono risultati privi di picchi definiti: in generale quindi le concrezioni risultano esser formate da materiale amorfo.

Fanno eccezione il campione 5 della G. Marrano, ove si sono avuti picchi, anche se molto deboli, attribuibili a Bitownite; e il campione 2 della G. del Santo ove sono evidenti i picchi della Calcite.

L'analisi chimica, fatta per fluorescenza ai raggi X, ha evidenziato come, nella maggioranza dei casi, la frazione prevalente delle concrezioni sia data da SiO_2 (Tab.1); notevole anche il contenuto in Alluminio che in due casi (camp.3, 6) risulta esser il componente prevalente.

Tab.1-Composizione chimica delle concrezioni delle grotte vulcaniche dell'Etna.

Camp.	Grotta	Età	Tipo concr.	Composizione %									
				MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	
1	Serracozzo	<10	Cannula			80*							
2	Santo	~1000	Coralloidi	6.5	1.3	77	0.65	0.1	10.	0.04	0.02	0.2	
3	Santo	~1000	Infiorescenza	0.3	32.3	16	0.70	0.1	1.4	0.04	3.24	0.8	
4	Marrano	>2000	Stalattite	3.2	3.2	73	4.30	0.2	2.4	0.65	0.04	17.0	
5	Marrano	>2000	Spalmatura	1.5	15.8	51	1.55	0.9	2.2	0.40	0.03	2.6	
6	Micio Conti	>2000	Microgour	0.3	36.6	25	1.0	0.1	1.4	0.06	0.04	0.1	

* stima effettuata per via umida, dato che il campione non era sufficiente per un'analisi completa.

All'aumento percentuale dell'alluminio, corrisponde un calo nella somma percentuale degli ossidi, e questo può essere spiegato con una maggiore idratazione dei composti dell'alluminio che, con ogni probabilità, sono sotto forma di idrossidi.

Nel caso del campione 2 vi è anche la presenza di una notevole quantità di calcio (sotto forma di calcite), come evidenziato anche dall'analisi diffrattometrica.

L'analisi petrografico-mineralogica delle sezioni sottili dei campioni di concrezione, effettuato al microscopio da mineralogia, ha evidenziato come tutte le concrezioni presentino la classica struttura a bande, che in questo caso risulta essere sempre molto fine.

All'interno delle singole bande non é possibile notare anche solo cenni di cristallizzazione: pertanto le concrezioni delle grotte laviche apparivano essere da criptocristalline ad amorse.

Nel caso della concrezione 5, questa ingloba alcuni piccoli frammenti di plagioclasio bitownitico, evidentemente derivanti da relitti di fenocristalli della roccia madre basaltica, che sono responsabili dei picchi riscontrati nel diffrattogramma.

Non é stato invece possibile procedere all'analisi ottica dei campioni 1 e 2 poiché completamente utilizzati per le analisi diffrattometriche e chimiche.

Le bande di accrescimento sono generalmente costituite da opale con piú o meno fitte alternanze di ossidi idrati di Alluminio e/o Ferro, dei quali non é stato possibile accertare l'esatta natura. Infatti non é stato possibile osservare su alcuno dei diffrattogrammi i picchi caratteristici di minerali dell'uno o dell'altro elemento.

Il substrato basaltico risulta essere spesso alterato, soprattutto al contatto con la concrezione; l'alterazione, chiaramente dovuta a weathering, interessa piú i plagioclasti dei fenocristalli e del fondo che non i minerali femici (pirosseni augitici e olivina).

L'alterazione é maggiore nei substrati delle cannule e delle stalattiti, ove si presuppone un impregnamento totale della roccia, mentre é molto minore nel caso delle spalmature e quasi nullo sotto le microvaschette.

L'alterazione procede sempre, sia a partire dalla superficie di contatto sia nei vuoli della roccia basaltica, nel senso di una argillificazione dei fenocristalli bitownitici e della neogenesi nella pasta di fondo di un epidoto (la Pistacite, $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$) (Fig.2).

Questo minerale si presenta con cristalli aciculari allungati lungo b con striature nella stessa direzione, di colore verde giallo chiaro. La Pistacite presenta sfaldatura perfetta lungo 001, geminazione sullo 100. Il piano ottico é parallelo allo 010, mentre la birifrangenza varia rapidamente con la composizione e non é raro notare tale variazione all'interno di un singolo cristallo.

L'identificazione si é basata principalmente sull'analisi petrografico-mineralogica e sulle caratteristiche ottiche, ed é stata quindi confermata dalla composizione chimica qualitativa ottenuta con l'EDAX.

Il meccanismo di alterazione porta anche all'ossidazione degli abbondanti cristalli di magnetite, con formazione di ematite.

Discussione

La composizione mineralogica prevalente, nelle concrezioni studiate delle grotte laviche dell'Etna (opale ed ossidi idrati di Alluminio e Ferro) é analoga a quella di corrispondenti forme di grotte laviche di altre regioni (Harter, 1973).

Nel caso delle grotte dell'Etna, partendo dalle osservazioni sperimentali, si puó tentare di schematizzare la genesi delle concrezioni in tre stadi:

- 1 - L'acqua meteorica percolando lungo le fratture ed i vuoti del basalto causa l'idrolisi dei fenocristalli e della pasta di fondo con l'allontanamento degli ioni metallici.
- 2 - L'acqua di percolazione quindi si arricchisce in idrati di alluminio, ferro e soprattutto silice che, polimerizzando e condensando, porta alla formazione di opale.
- 3 - All'interfaccia lave-grotta vulcanica l'acqua evapora depositando silice idrata (opale) o, più raramente, ossidi variamente idrati di alluminio e ferro a seconda delle condizioni cinetiche di acidità, di Ph e ossido riduttive dell'acqua medesima.

Dove la dinamica delle acque lo permette, si ha l'agglutinamento degli idrossidi di alluminio, che vengono quindi cementati dalla silice, come conferma l'analisi chimica: infatti dove l'energia cinetica è minore (microgours e infiorescenze) il contenuto in alluminio è massimo.

L'alterazione prodotta dall'acqua sui plagioclasti e sui feldspati del fondo passa per una fase intermedia, che porta alla formazione di pistacite, che circonda totalmente i fenocristalli corrosi residui sia nei vuoti che al contatto con la concrezione, o nelle fratture beanti.

Basandoci su questo meccanismo appena proposto, si vede come la pistacite debba essere considerata un minerale secondario di grotta, e questa risulterebbe essere la prima segnalazione di questo tipo.

Invece l'ematite, presente, anch'essa come minerale secondario di grotta, dovuto all'ossidazione dei cristalli di magnetite della roccia basaltica ad opera delle acque di percolazione, deve la sua genesi con ogni probabilità alle condizioni di alta sovrasaturazione esistenti nella soluzione circolante, dovuta all'evaporazione di veli d'acqua molto ossidanti.

In questo caso, infatti, non è possibile postulare alte temperature, che in alcuni casi sembrano esser responsabili della formazione secondaria dell'ematite, e questo perché il processo è evidentemente ancora in atto in tutti i campioni, e quindi deve poter avvenire in condizioni di clima temperato come quello che si ha sulle pendici dell'Etna.

La presenza di carbonato di calcio in notevole quantità, nel campione 2 della G. del Santo, può essere spiegata con l'idrolisi dei plagioclasti bitownitici, che porta in soluzione ioni Ca^{++} che possono combinarsi, soprattutto in ambiente basico, con l'anidride carbonica delle acque meteoriche e di percolazione, portando alla precipitazione della calcite.

Il fatto che solamente in questa grotta siano state trovate concrezioni contenenti calcite, può essere spiegato col fatto che la Grotta del Santo, a differenza della maggioranza delle grotte dell'Etna, possiede una copertura di humus, la cui intensa attività microbiologica arricchisce di molto il contenuto in CO_2 delle acque di percolazione, per cui al livello del loro riaffiorare nell'ambiente vadoso di grotta queste possono diffondere nell'atmosfera la CO_2 , con conseguente diminuzione di solubilità e quindi precipitazione del $CaCO_3$.

Le basse percentuali di calcio degli altri campioni non sono correlabili a presenza di calcite, ma sono probabilmente legate agli allumo-silicati.

L'esistenza di frammenti di dimensioni submillimetriche, all'interno del campione 3, può essere correlata al tipo di circolazione idrica che ha portato alla formazione della concrezione stessa: in questo caso infatti l'acqua concrezionante era di stillicidio, e quindi possedeva una certa energia sufficiente a scalzare parte dei frammenti del substrato basaltico parzialmente alterato e portarlo quindi in sospensione, fino al punto in cui veniva cementato dal concrezionamento e quindi inglobato all'interno della concrezione stessa.

Da ultimo è interessante notare come pressoché tutte le concrezioni analizzate non presentino alla loro superficie esterna morfologie da

ridissoluzione o da fossilizzazione, ma anzi risultino tutte attive.

Questo fatto é molto importante se si pensa al differente tempo di formazione delle cavitá.

Infatti, considerando le grotte molto antiche, di origine sicuramente preistorica, possiamo affermare che il processo di concrezionamento con deposizione di opale puó avvenire anche in condizioni di non elevate temperature, dato che queste grotte hanno al loro interno un clima del tutto normale, che non dipende in nessuna misura dalla loro origine.

D'altro canto la presenza di cannule di opale all'interno di grotte appena formate (meno di 10 anni) indica come questo fenomeno sia anche sufficientemente rapido e non richieda quindi quei tempi lunghi, che sino ad oggi si era soliti ritenere.

Conclusioni

Il presente studio, anche se del tutto preliminare e parziale, ha permesso di evidenziare come le concrezioni delle grotte laviche dell'Etna siano, per composizione mineralogica (opale e ossidi idrati di alluminio e ferro) e caratteristiche morfologiche, simili alle analoghe forme già descritte in bibliografia relativamente ad altre grotte laviche.

Nel caso dell'Etna, però, é stato possibile anche evidenziare come il processo di dilavamento porti alla formazione di Pistacite, che pertanto, in questo caso e per la prima volta, deve esser considerata un minerale secondario di grotta.

Ma l'indicazione piú importante, che a nostro avviso si é ottenuta da questo studio, riguarda la deposizione di SiO_2 (Opale) da parte delle acque percolanti all'interno delle cavitá naturali.

Infatti grazie alla possibilitá, che le grotte laviche hanno, della datazione della loro formazione, é stato possibile mostrare come il processo di deposizione dell'opale sia sufficientemente rapido da portare alla genesi di una cannula in meno di 5 anni e, d'altro canto, che tale deposizione continui anche dopo che gli effetti termici dell'eruzione si sono completamente esauriti, in condizioni climatiche temperate quali quelle che si hanno sulle pendici dell'Etna.

Tutto questo porterebbe a rivedere molte delle convinzioni, ancor oggi radicate, relativamente alla possibilitá di rinvenire concrezioni attive di opale all'interno di cavitá laviche o carsiche in climi non tropicali.

A supporto di quanto osservato sull'Etna vi sono anche le osservazioni fatte recentemente in Sardegna (Forti, Perna, 1982) ove, sia all'interno di grotte tettoniche di quarzite, sia all'interno di grotte calcaree, sono state osservate infiorescenze e crostoni di opale che, per struttura e condizioni di giacitura, sembravano esser attuali ed in accrescimento.

Naturalmente, per definire il meccanismo genetico che porta alla formazione di concrezioni di opale all'interno di grotte, non solo laviche, in condizioni chimico-fisiche e ambientali normali, sará necessario nel prossimo futuro compiere controlli sistematici sul chimismo delle acque di percolazione che danno origine a queste formazioni, sia in grotte laviche sia in quelle carsiche.

Fig.1 - Una cannula nella grotta di Serracozzo (foto scattata nel 1975 da P.Forti).



Fig.2 - Foto SEM (microscopio elettronico a scansione) (X200) dei cristalli di Pistacite all'interno di una piccola cavità basaltica, al contatto con la superficie inferiore del campione n.4 (foto di P.Ferrieri).

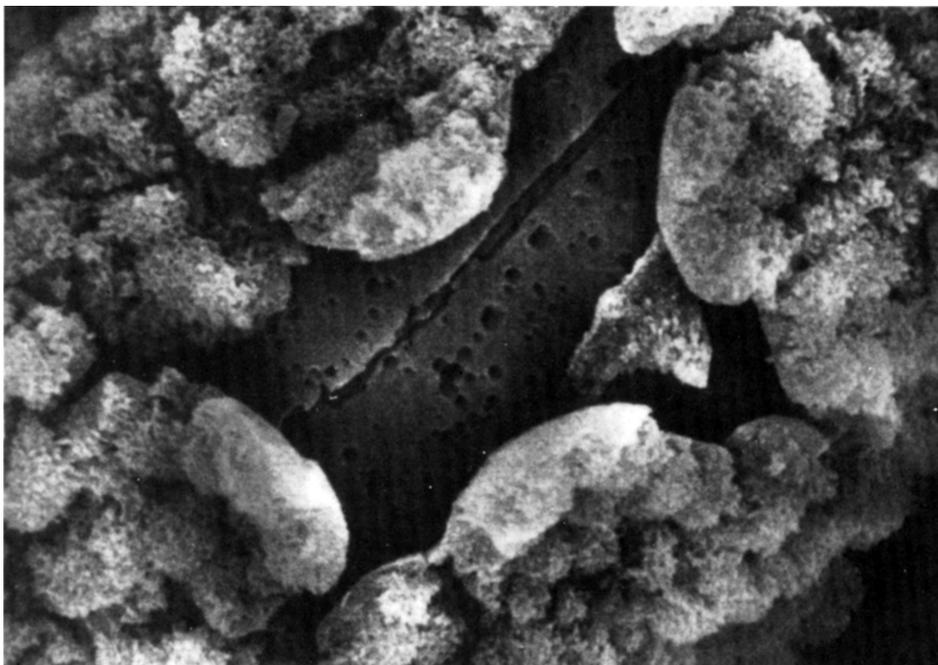


Fig.3 - Foto SEM (X5000) di un cristallo spezzato di Pistacite: é evidente l'alterazione superficiale, ed un canale centrale in cui probabilmente scorre l'acqua di percolazione (foto P.Ferrieri).

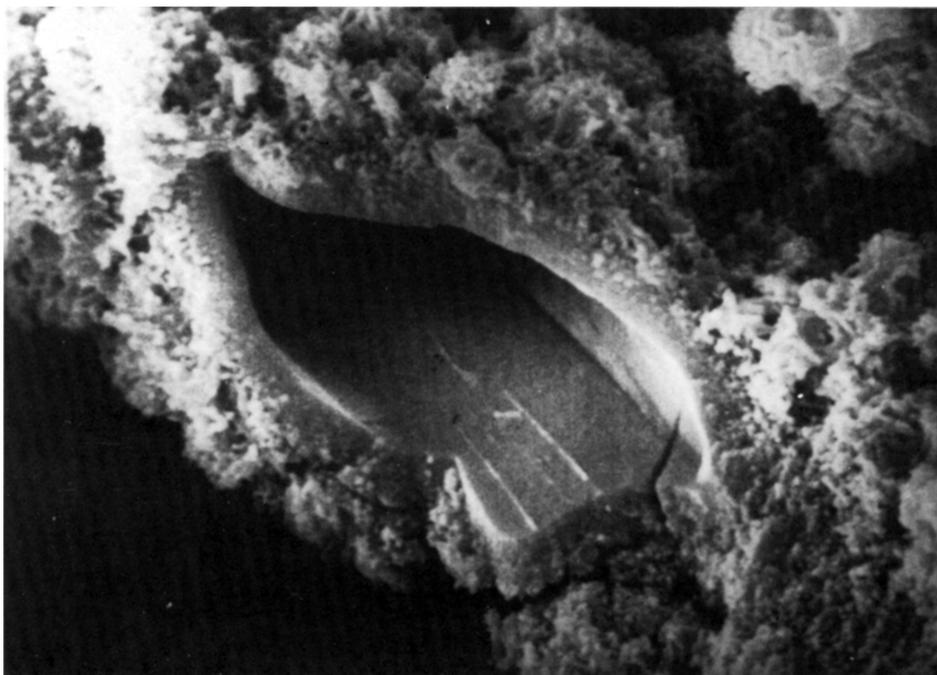


Fig.4 - Foto SEM (X15.000) della parte superficiale di un cristallo di Pistacite, che mostra tracce di corrosione (foto P.Ferrieri).

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano Antonio Marino, del Gruppo Grotte Catania del CAI-Etna (n.d.r. oggi socio del C.S.E.), per la preziosa collaborazione fornita nella raccolta dei campioni analizzati, e Natale Calanchi per le analisi di fluorescenza ai raggi X.

BIBLIOGRAFIA

- F.BRUNELLI, B.SCAMMACCA (1975) - Grotte vulcaniche di Sicilia. G.G.C.-CAI/Etna, Catania (62+XI).
- P.FORTI, G.PERNA (1982) - Le cavitá naturali dell'Iglesiente. Mem.ls.2 Ist. It. Speleol. :1-224
- R.HARTER (1973) - Secondary chemical deposits in lava tubes. The Speleograph 9(7):114-116
- C.HILL (1976) - Cave Minerals. Nat. Spel. Soc.
- N.LINDSEY (1966) - Lava caves. Texas caver 11 (7-8): 86-100
- D.RIMBACH (1963) - Salt coatings and salt beds in caves at Pitsqah Crater, California. Calif. Spel. Surv. Bull. 1
- C.R. SWARTZLOW, W.D.KELLER (1937) - Coralloidal opal. J.Geol. 45(1): 101-108