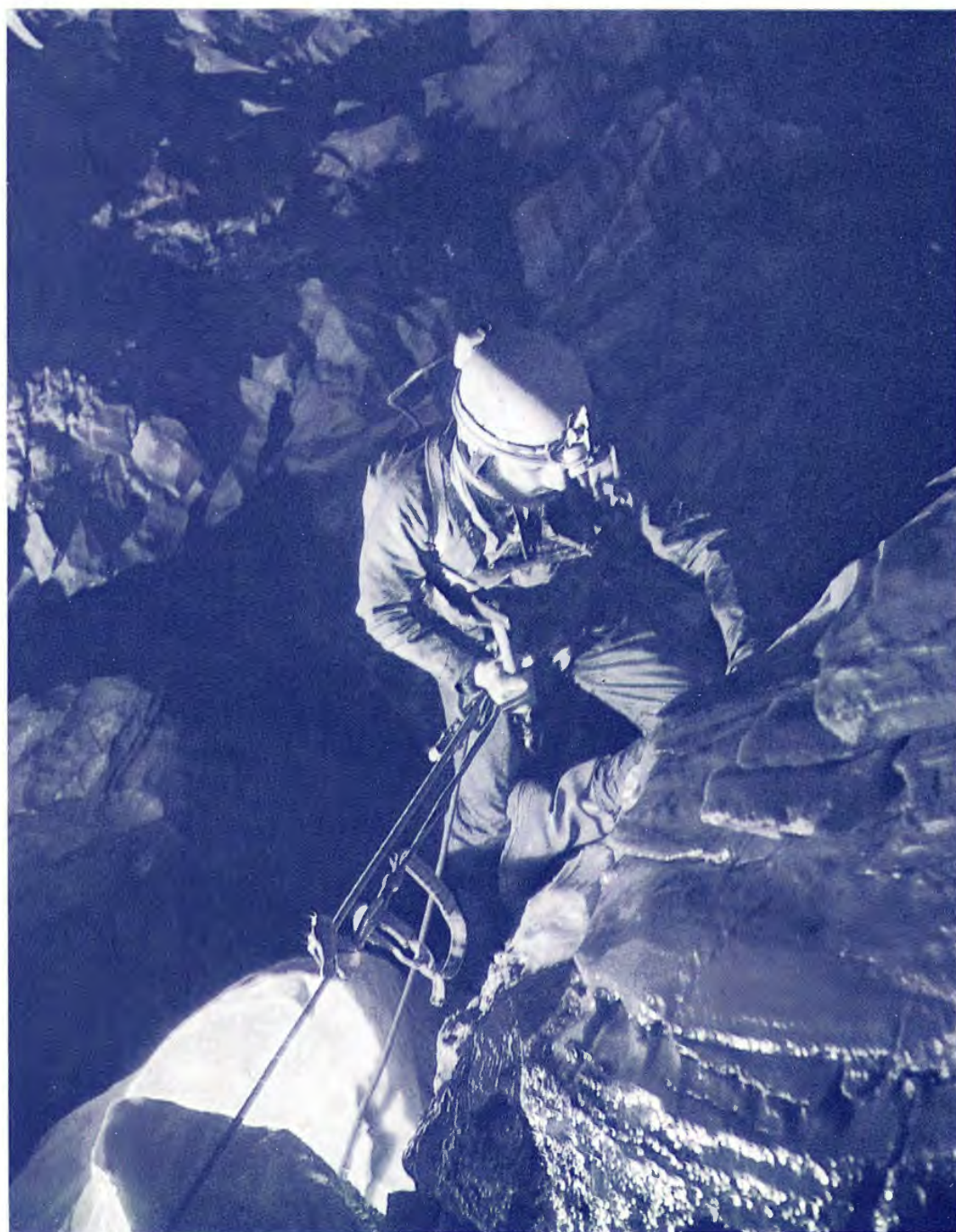


SOTTOTERRA

**Rivista quadrimestrale di speleologia
del Gruppo Speleologico Bolognese C.A.I.**



64

anno XXII

**aprile
1983**

G.S.B. del CAI

Fondato nel 1932 da Luigi Fantini.

Aderente alla Società Speleologica Italiana

Membro della Federazione Speleologica

Regionale dell'Emilia e Romagna

"Abisso dei Fulmini,, (Alpi Apuane) LU

Armo del P. 15, a q. -680.

Foto M. Grandi (G.S.B. CAI)





*Rivista di Speleologia del
Gruppo Speleologico Bolognese del C.A.I.*

Anno XXII n. 64 - Aprile 1983

I N D I C E

Attività di campagna	pag. 3
— 760: ABISSO DEI FULMINI	» 5
Il rilievo	» 12
Il fondo e Note tecniche	» 14
Dati catastali, itinerario e note idrologiche	» 15

Estratti dal Volume:

Atti del XIV Congresso Nazionale di Speleologia
Bologna 1982:

Studio morfologico e genetico delle pisoliti di aragonite rinvenute in due gallerie minerarie presso Iglesias (Sardegna SW)	» 18
Alcune considerazioni sulla popolazione microbica dell'ambiente caver- nicolo: metodi di campionatura e di analisi	» 31
L'evoluzione delle pisoliti	» 51

3° Corso di II livello (Regionale) S.S.I. 1983	» 60
--	------

Hanno collaborato:

Massimo Brini, Stefano Cattabriga, Maurizio Fabbri, Emilio Franco, Andrea Gardi, Marco Grandi, Paolo Grimandi, Michele Sivelli, Mario Vianelli del G.S.B. - U.S.B., e Marco Frati, del G.S.A. Versiliese.

*« ... Perché te ne stai là in caverne e fra le spaccature delle rocce,
appollaiato come un gufo?
Perché ficchi il naso nel muschio umido e fra i sassi gocciolanti,
come un rospo che cerca cibo?
Bello e delizioso divertimento!... »*

(da Wolfgang Goethe, « Faust »)

“Attività di campagna,,

- 2 gennaio 1983: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: G. Bardella, C. Busi, R. Pistoresi e Rondelli. Uscita di rilevamento e ricerca.
- 9 - gennaio: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: G. Bardella, C. Busi, R. Pistoresi e Rondelli. Uscita di rilevamento e ricerca.
- 16 gennaio: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: G. Bardella, C. Busi, Rondelli, Sorgi, E. Giraldi e F. Finotelli. Uscita di rilevamento e ricerca.
- 16 gennaio: « *Dolina dell'Inferno* » (Farneto) - Part.: A. Bermond, S. Bertuzzi, U. Calderara, G. Fogli, M. Pancaldi. Numerate alcune cavità già a catasto. Eseguite alla grotta Coralupo prove tecniche di radio-trasmissioni.
- 22-23 gennaio: « *Abisso dei Fulmini* » (A. Apuane) - Part.: S. Cattabriga, G. Fogli, E. Franco, M. Grandi, E. Scagliarini, S. Zucchini del G.S.B., M. Sivelli, M. Vianelli dell'U.S.B. e M. Frati, A. Patella del G.S.A.V. Esplorato fino a — 720, eseguito rilievo da — 350 a — 695, fatta colorazione: esce dalla Polla. Servizio fotografico.
- 30 gennaio: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: G. Bardella, C. Busi, F. Finotelli, E. Giraldi, S. Zucchi di Trieste. Uscita di rilevamento e ricerca.
- 13 febbraio: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: G. Bardella, C. Busi, F. Finotelli, E. Giraldi e Rondelli. Uscita di rilevamento e ricerca.
- 20 febbraio: « *Buso del Prete Santo* » (Croara) - Part.: M. Brini, S. Cattabriga, M. Fabbri, G. Fogli, P. Grimandi, C. Poggioni del G.S.B., G. Belvederi, A. Calvo, F. Finotelli, P. Forti, M. Garberi, B. Parini dell'U.S.B. Sfondato il cunicolo lungo il torrente Acquafredda; raggiunta la Spipola al Pozzo Elicoidale.
- 20 febbraio: « *Gessi di Zola Predosa* » - Part.: M. Balboni, U. Calderara, D. Martini, M. Menozzi, A. Pontiroli, G. Saporito, C. Vecchi. Aperto e sceso un P. 15, la grotta prosegue. Servizio fotografico.
- 27 febbraio: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: G. Bardella, C. Busi, M. Fabbri, F. Finotelli e E. Giraldi. Uscita di rilevamento e ricerca.
- 5 marzo: « *Abisso Titano* » - (Rep. S. Marino) - Part.: G. Belvederi, F. Finotelli, P. Forti, M. Garberi dell'U.S.B. Recupero detriti scaricati dall'Ospedale sovrastante. Puliti i primi 30 m.
- 13 marzo: « *Grotta Giusti* » (Monsummano PT) - Part.: G. Belvederi, M. L. Garberi, P. Forti, F. Utili, R. Cioni (sub di Pistoia). Immersione nel sifone, individuata la prosecuzione.
- 12-13 marzo: « *Abisso dei Fulmini* » (A. Apuane) - Part.: S. Cattabriga, M. M. Fabbri, M. Grandi, G. C. Pasini del G.S.B. e M. Sivelli dell'U.S.B. Ultimo disarmo; la diramazione a — 50, chiude.
- 13 marzo: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: U. Calderara e P. Grimandi. Accompagnati 18 visitatori del G.S. Pratese - C.A.I.

- 27 marzo: « *Grotta Giusti* » (Monsummano PT) - Part.: G. Belvederi, M. L. Garberi, S. Zucchini, S. Orsini e P. Palmisano. Esplorazione del sifone fino a — 22.
- 30 marzo: « *Pozzo Presso il Pozzo di S. Antonio* » (Croara) - Part.: S. Cattabriga, MM. Fabbri, G. Fogli. Ricominciato rilievo: giunti alla 2° fessura.
- 6 aprile: « *Pozzo Presso il Pozzo di S. Antonio* » (Croara) - Part.: S. Cattabriga, MM. Fabbri, M. Fabbri, G. Fogli e M. Falco. 2° uscita di rilievo e servizio fotografico.
- 6 aprile: « *Grotta The Wall* - (Buco del muro) - Cava Iecme - Croara - Part.: S. Cattabriga e G. Fogli. Iniziato il rilievo.
- 16 aprile: « *Grotta S. Calindri* » (Croara) - Part.: G. Bardella, C. Busi, M. Fabbri, E. Frati, E. Giraldi, R. Pistoresi, A. Sarti e Adriani. Uscita di rilevamento e ricerca.
- 16-17aprile: « *Battuta sul Monte Alto* » (A. Apuane) - Parti.: G.C. Pasini, MM. Fabbri, M. Grandi, del G.S.B. M. Sivelli, M. Vianelli dell'U.S.B.
- 17 aprile: « *Grotta della Spipola* » (Croara) - Part.: C. Dall'Olio, G. Fogli, C. Poggioni del G.S.B. A. Calvo, A. Pavanello dell'U.S.B.: Accompagnati 58 speleologi del corso U.S. Veronese.
- 20 aprile: « *Pozzo presso il Pozzo di S. Antonio* » (Croara) - Part.: S. Cattabriga, C. Dall'Olio, MM. Fabbri, G. Fogli e M. Pancaldi. 3° Uscita di rilievo.
- 25 aprile: « *Grotta Avasinis* » (Risorgiva Eolo) - Part.: S. Cattabriga, G. Fogli, M. Tarlazzi del G.S.B., G. Belvederi, M. Garberi, A. Pavanello dell'U.S.B. Visita della cavità e servizio fotografico.
- 27 aprile: « *Pozzo presso il Pozzo di S. Antonio* » - (Croara) - Part.: S. Cattabriga, MM. Fabbri e G. Fogli. 4° Uscita di rilievo.

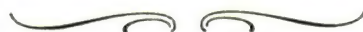
(Dall'elenco sono state stralciate n. 3 uscite di allenamento).

(a cura di Ugo Calderara)

Autori delle fotografie:

Marco Grandi: Pag. 5, 6, 10, 11, 16.

Michele Sivelli: Pag. 9.



-760: Abisso dei Fulmini

(Abisso Giovanni Leoncavallo)

20-21 novembre

Nel Settembre '82 i soliti ignoti dell'U.S.B.-G.S.B. e non, avevano effettuato battute ed esplorazioni nella zona delle Cave Fondone, sul versante Nord del M.te Altissimo.

Le uniche grotte note del luogo erano: l'Abisso G. Ribaldone, oggetto di numerose ripetizioni da parte di vari gruppi dotati di grossi paraocchi e l'Abisso L. Zuffa, di cui le nostre battute ebbero la fortuna di scoprire un ingresso superiore, aggirando così l'originale, ostruito da parecchi anni.

L'unico gruppo che effettuò ricerche serie in zona fu il G.S.P.G.C. di Reggio Emilia, che ebbe solo una sfortuna, cioè di averle fatte dieci anni fa. In dieci anni i concetti esplorativi sono cambiati completamente.

Le nostre ricerche infatti si sono basate soprattutto su un accurato controllo dei buchi già visti dai Reggiani.

A fine autunno erano rimaste ancora parecchie buche da vedere. Così, in una splendida giornata di Novembre, Leonardo, Marchino, Mario e il sottoscritto, non avendo nessuna voglia di passare venti ore nel famoso Antro, come avevamo preventivato, decidemmo di battere ancora sopra il Fondone.



Dopo il traverso a — 30.



La base del P. Blek Macigno.

Quel sabato trascorse per i quattro simile a quello di un gruppo di maialletti del Supramonte che grufolano sotto le pietre alla ricerca di radici amare. I quattro tornarono a notte fatta alla porcilaia con addosso solamente l'odore di terra, di erba, ma non quello di abissi.

L'indomani era rimasto da vedere un pozzo chiamato dei Fulmini, siglato G.S.P.G.C. N. 3, la grotta che secondo alcune informazioni era costituita da un P. 45 e da altri piccoli dislivelli, per una profondità massima di 90 metri.

Rapidamente armato il P. 45 e constatata l'effettiva chiusura della grotta i quattro risalirono facendo attenzione alle finestre del P. 45.

A 15 metri dall'uscita, dalla parte opposta del pozzo, un ghiaione risale fin quasi a toccare la volta dello stesso. Ispira poco, ma Leonardo, pignolo come si ritrova, volle andarvi a ficcare il naso e con un orrido pendolo atterrava sui piedi del ghiaione.

Annusando bene fu premiato con una dolce, inestimabile profondità.

I Draghi, trasformati in Maiali Volanti dopo 60 metri di discesa, esaurirono le poche corde a disposizione e restarono ad ascoltare la pietra che, rotolando, urlava ancora di pozzi, di spit, di corda, di sacchi, di thé al carburo, di braccia stanche, di amicizie ideali, di scariche di adrenalina, ecc., ecc...

Michele Sivelli

4-5 dicembre

La mattina di sabato entra in grotta una squadra composta da Graziano Agolini, Giovanni Cenacchi, M. Grandi, M. Vianelli, M. Sivelli; velocemente scende P 12, P 15, P 40 (in cui la vita di alcuni esploratori fu severamente messa a repentaglio da Blek Macigno) nonché i primi 90 m. di P 96. La domenica mattina entrano « Gotina » (alias Marco Frati) e alcuni speleoFaentini.

Dicembre freddoloso: un sacco pieno di ferri e di stracci e una moto che ormai non ne vuol più sapere. La strada del Pelato e finalmente arrivo alla cava del Fondone.

Contentissimi gli amici mi fanno un sacco di feste, poi entrano in grotta. Ancora un sacco, questa volta di piuma, e mentre aspetto gli altri mi ci perdo dentro in sogni fantastici di grotte impossibili ed esploratori diabolici. Ritorno alla realtà: un freddo boia e gli esploratori non proprio diabolici che aspettavo.

Siamo all'ingresso, l'erba è asciutta e l'acqua nella bombola comincia a gelare. Entriamo. Passa poco tempo e incontriamo gli altri, che stanno risalendo. Ci salutiamo cordialmente e incoraggiati dai compagni e dalla grotta che continua, scendiamo in fretta fino sotto il P 40 sull'esiguo fondo che lo stacca dal P 96. Qui Michele è sceso quasi fino in fondo, ma a pochi metri da esso la corda è terminata insieme alla sua discesa ed è risalito. Viene riarmato il pozzo e questa volta arrivo in fondo.

Sopraggiungono anche gli altri due, accompagnati da altri sassi che fischiano di qua e di là nel pozzo.

Da qui la grotta continua con un saltino di circa 6 metri. In basso la spaccatura si restringe e diventa impraticabile, m'invade il solito terrore di quando uno si vede finire una grotta dopo 10 minuti di esplorazione. Ma dalla parte opposta da dove siamo scesi, c'è una finestra che raggiungiamo con una disinvolta arrampicata. C'è aria ed aperta la finestra, si illumina una saletta scavata nel marmo bianco con delle lame tanto belle quanto pericolose. Qui sono solo, e dopo aver trovato due prosecuzioni, una si arresta su di un salto di circa 5 metri (peraltro molto fangoso e con roccia non buona), l'altra un corto meandro che si sfonda in un pozzo di circa 40 metri (tutto molto marcio anche qui) e avendo esaurito le corde, decidiamo che per stanotte basta e risaliamo.

Quando esco c'è sempre la luna, che fugge tondeggianti e goffa, dietro la punta del monte.

All'orizzonte, dietro l'Appennino, il violetto e l'indaco cancellano salendo nel cielo le ultime stelle e segnano l'inizio di una bella giornata di sole, che ognuno passerà come meglio crede.

Hanno partecipato: R. Evilio, G. Donati G.S. Faenza, S. Olivucci, M. Frati G.S.A. Versiliese.

Marco Frati

12 dicembre

Entrano in grotta Ago, il Presidente e Giovanni Cenacchi, che scendono un pozzo da 9 m, seguito da un meandro e un P. 38, indi risalgono infradiciati, lasciando la via a Mario ed Emilio (l'androide).

Pezzo di metallo

Lontano più del mio braccio, in un angusto meandrino sospeso sopra al pozzo, un anello con attaccata una corda, poi un anello ancora e giù per la lunghezza di una dozzina di uomini stesi lungo un filo; una parete si avvicina ai miei piedi e questi sfiorano l'opposta, anello, tra me e il fondo ci starebbero dieci persone una sull'altra.

Sotto, da una parete cade l'acqua, corre sotto i sassi e si butta dove ci buttiamo noi mentre la guardiamo in spaccata. Lì è più largo ma il torrente si infila nello stretto. Poco sopra sulla sinistra un meandrino da prendere alto per arrivare ad un anello, e da lì scendere continuando a seguire la direzione di prima. Da quel punto si arriva dentro ad un pozzone. E continua.

Emilio Franco

28 dicembre

Il fine dicembre più sereno che abbia mai visto; o almeno non ne ricordo altri così limpidi e tiepidi.

Da Ivano incontriamo una banda di speleo-barbari in trasferimento verso le isole; lo scambio di inviti non approda a nulla: loro andranno lo stesso in Sardegna e noi (stranamente) rispetteremo i nostri programmi andando sull'Altissimo al nostro buco nuovo. Al posto di quel noi devi leggere tre disgraziati (Leo-Pic, il mio amico artificiale Emilio ed il sottoscritto) che nella notte ormai vecchia si dirigono, guidando mezzi meccanici, verso il cuore delle Apuane, con nello stomaco il coniglio di mamma Di Ciolo e nella testa l'Amarone di Ivano e il Barolo di Furio.

Ho dimenticato il sacco a pelo!!! Incredibile, quasi allucinante, ma è vero: come avrò fatto? La solita casa al di là del Cipollaio è stata affittata (o occupata) da dei ragazzi e non ci si può più dormire. Passiamo la notte in una cappella eretta dalla santità e dai denari della vedova Pestalozzi, in perenne ricordo del suo pio e defunto marito; tutta la notte il consorte ci spia coi suoi gelidi occhi di pietra.

Rapida colazione a Campagrina e poi alle Cave Fondone a piedi, perché oggi non lavora nessuno, neanche alle Cave delle Cervairole.

La vestizione e l'ingresso in grotta non hanno storia, come il raggiungimento del terrazzo a — 340, dove io ed Emilio eravamo risaliti due settimane fa bagnati e convinti che non era possibile scendere quel pozzo se non a costo di molte acrobazie; se necessario le faremo. Fra l'altro l'acqua è diminuita moltissimo.

Scende Leo, pianta uno spit spostato e risale, rapido e funzionale come sempre; scendo io, non ho nuts perché sono stupido, e devo incastrare un cordino dietro ad una microlama per tenermi accostato alla parete di fronte. Dopo faticosi contorcimenti e pendoli involontari e paurosi sono riuscito a piantare uno spit molto lontano. Risalendo mi accorgo che non servirà a niente: bravo coglione!

Emilio riemerge faticosamente dal telo termico dove lo aveva colto la sonnolenza e scende armato di grinta e di un eccentrico dell'uno; lo vediamo sparire fra le nebbie e i vapori che aleggiano nei pressi della cascatella. Con Leo si parla di tante cose, come sono costretti a fare gli amici che si vedono di rado e in posti strani. Dal basso non sale rumore; dopo un po' il martello che batte contro il perforatore. Un tè, una manciata di frutta secca. Ma perché è così scomodo questo terrazzo? Non si riesce a trovare la posizione giusta. Dopo quello che a me sembra tanto tempo Emilio risale, annunciando laconico che ha sciolto il mio frazionamento, ha fatto un traverso, che la corda adesso sta fuori dall'acqua e



Attacco del P. 26 a — 530.

che è difficile risalire perché è troppo tesa in diagonale. Leo scende, fraziona e si sposta dall'altra parte della gola della cascata: con uno spit e un nut arriva in fondo al pozzo. Vado giù anch'io e rimango sbalordito vedendo la traversata: la corda parte orizzontale per parecchi metri, su placche inclinatissime e viscide. Quale sarà la fessura dove Emilio ha incastrato il nut? Quien sabe. Bravo Emilio!!

Altro pozzo, altro spettacolo. Calcoliamo la profondità del pozzo appena sceso in poco più di 80 metri; la base è meno imponente dell'imbocco, larghissimo e con l'enorme camino ascendente. Il prossimo salto, invece, ha la partenza stretta, ma sembra più profondo.

Emilio risale, io e Leo scendiamo veloci alternandoci, sorpassandoci ad ogni frazionamento; il pozzo è di circa 100 metri, bello, con una parete leggermente concava, liscia e bianca e impressionante. Il fondo è fossile, e così i due pozzi successivi. Esploriamo la più larga galleria dell'Abisso: circa 10 metri; al suo termine una finestra ci fa sentire nuovamente il rumore dell'acqua e il sasso che buttiamo ci dice che non possiamo arrivare in fondo a questo pozzo. Leo, testardo, vuole scendere lo stesso, con trenta metri di corda industriale dell'8. Riteniamo di essere più o meno a 600 metri di profondità: bene, comincia ad essere un Abisso. Si risale, caso unico anche per le Apuane, senza mai staccare gli attrezzi; l'esile impalcatura di corda che ci conduce alla luce è ormai diventata lunga.

Mario Vianelli

22-23 Gennaio 1983

Arriviamo alla sbarra delle cave Fondone venerdì notte; lasciata la macchina ci incamminiamo verso le baracche abbandonate dei cavatori, vi è un leggero strato di ghiaccio sulla strada, ma in un'ora circa siamo sul posto.

Siamo in quattro: io, E. Franco, M. Sivelli e M. Vianelli che dopo esserci riempiti la « panza », ci corichiamo sul sacco a pelo.

La mattina all'alba (ore 10) dopo aver fatto colazione decidiamo il da farsi. Il nostro obiettivo è di raggiungere il fondo ed iniziare il disarmo completo della grotta, completare il rilievo ed effettuare le colorazioni. In appoggio entrerà un'altra squadra sabato notte.

Ci incamminiamo verso mezzogiorno, in questo stupendo abisso dalle pareti di marmo bianco scattando foto e rilevando la parte già esplorata fino a raggiungere il limite della punta precedente, a — 600.

Qui si apre tanto per cambiare un altro pozzo, leggermente inclinato, che aveva fermato l'ultima punta per mancanza di corde ,e dopo un buon tè caldo, questo viene armato e disceso da Mario, sotto un incessante stillicidio. La corda non raggiunge la base del pozzo e lui è costretto a risalire fino ad un terrazzino, dove esegue un frazionamento. Viene raggiunto da Michele che ha con sé un'altra corda, prosegue e fatta la giunzione della fune, arriva in fondo al pozzo, che risulta essere di 90 metri circa.



Il terrazzo dopo il traverso a — 695.

Il pozzo dell'Homo Umidus (— 610).



Dopo il pozzo, battezzato dell'Homo Umidus, scendiamo due saltini inclinati di 12 e 15 metri, che secondo i nostri calcoli avrebbero dovuto raggiungere il fondo, ma l'abisso scende ancora.

Qui veniamo raggiunti dai Versiliesi M. Frati e A. Patella, venutici ad aiutare per l'eventuale disarmo.

Mentre Michele e Marchino iniziano a spittare per armare il nuovo pozzo, Mario estrae la fluoresceina dai sacchi e la immette in una pozza d'acqua, dipingendo di verde l'acqua e la corda. Io immortalò la scena con la macchina fotografica.

Intanto il pozzo armato da Marchino arresta la nostra esplorazione per mancanza di materiali a circa — 700; l'abisso continua.

Prima di iniziare la risalita ci prepariamo un gradevolissimo thé bollente e uscendo rileviamo tutta la parte nuova.

A — 260 incontriamo la seconda squadra (G. Fogli, S. Cattabriga, E. Scagliarini, S. Zucchini) che oltre al compito di aiutare nel disarmo aveva quello di esplorare una diramazione laterale, posta a questa quota. Diamo loro le ultime notizie e usciamo.

La domenica mattina, dopo aver riempito all'inverosimile la Volkswagen del Patella con tutti gli zaini raggiungiamo le macchine e prima di partire ci godiamo la bellissima giornata che ci offre il sole delle Apuane.

Marco Grandi

il fondo

5 febbraio

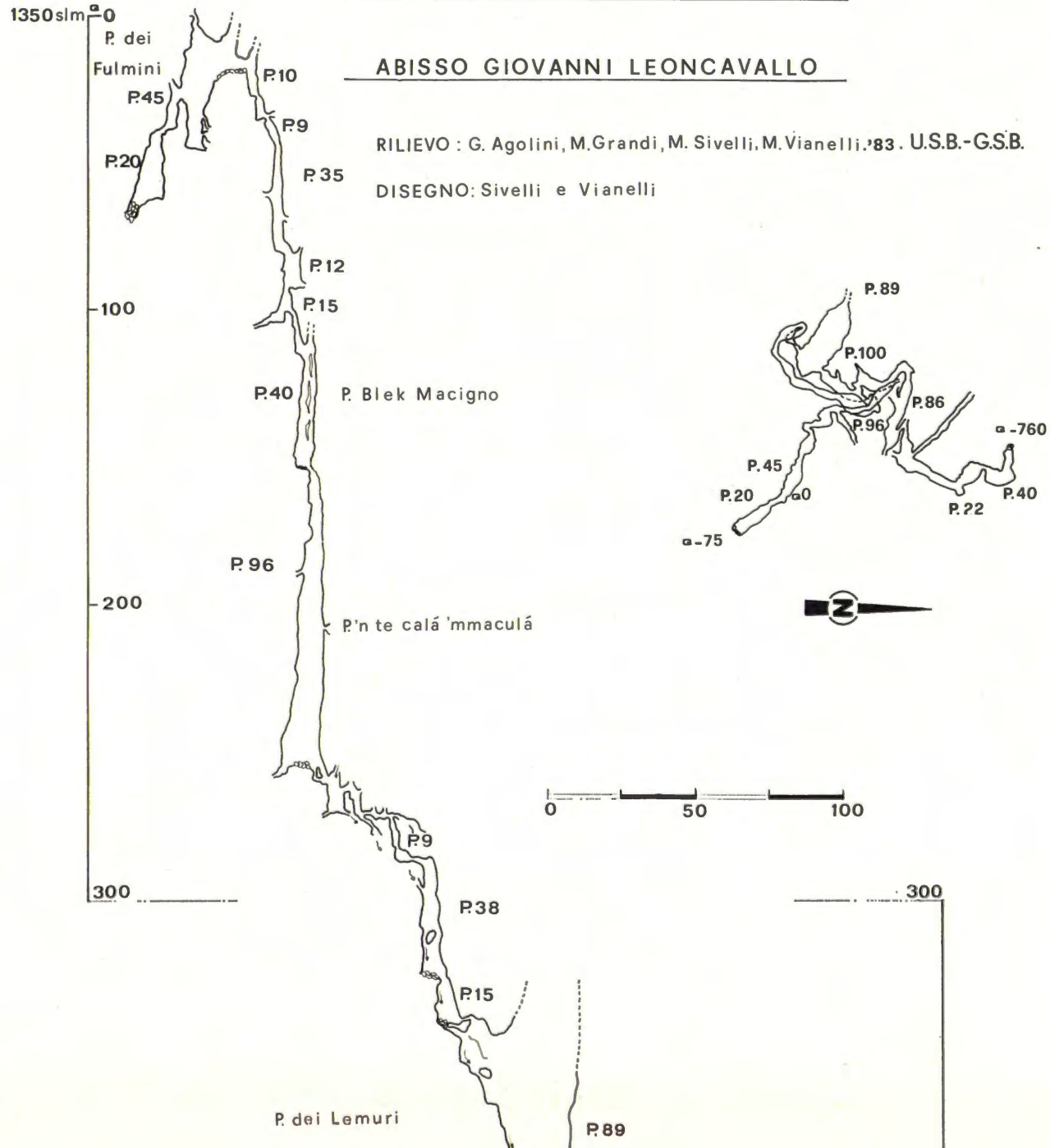
Siamo in cinque a — 700 su un terrazzino, discensori alla mano ed i gomiti che spingono per farsi largo pronti a lanciarci non appena Leo liberi la corda dal basso.

ABISSO DEI FULMINI

ABISSO GIOVANNI LEONCAVALLO

RILIEVO : G. Agolini, M. Grandi, M. Sivelli, M. Vianelli, '83. U.S.B.-G.S.B.

DISEGNO: Sivelli e Vianelli



P. del Presidente

P.100

P.23

P.16

P. dell'Homo Umidus

P.86

P.12

P.15

P.22

P.40

Sifone

-400

-500

-600

-700

-760 590 slm

Dopo qualche minuto Leo esultante urla:
— FONDO! —

Ululati e ritornelli di canzoni preferite rimbombano nel pozzo. Siamo tutti e sei a — 760, davanti a un piccolo ma profondo sifone che fa quasi da pavimento all'ultimo pozzo.

Con una certa difficoltà, date le esigue dimensioni del posto, lasciamo data e sigle varie.

Schizziamo fuori come Fulmini disarmando tutto fino a — 260.

All'alba l'ultimo speleologo è fuori, la mattina è livida ed è nevicato tutta la notte, ma tutto è stupendo ugualmente.

Ci rotoliamo lungo la montagna fino alle baracche. Si conclude così un'altra esplorazione apuana condotta dagli apuani: personalmente sono felicissimo.

Hanno partecipato: M. Vianelli, M. Fabbri, M. Sivelli, L. Piccini, M. Frati, M. Scarmacca.

M. Sivelli

Note tecniche

N.	Prof.	Attacco	Frazionamenti	Note
1	45	2 s.	1 s. a — 12 1 s. alla fine del pendolo	a — 18 pendolare 6 m. a sin. per prendere P. N. 2
2	10	2 s.	—	—
3	9	1 s.	—	colleg. P. precedente
4	35	1 s.	1 s. a — 5	colleg. P. prec. - Bagn.
5	12	1 s.	1 s. a — 11	con la stessa corda di questo pozzo scendere altri 4 metri del P. N. 6 per prenderne l'attacco.
6	15	2 s.	—	—
7	40	1 s.	1 s. a — 3	collegato P. preced.
8	96	2 nuts N. 6 exentric	1 s. a — 3; 1 s. a — 13; 1 s. a — 30; 1 s. a — 57	bello
9	11	2 s.	—	—
10	11	2 s.	—	in risalita, lasciata corda fissa.
11	10	1 nuts N. 7 exentric	1 s. a — 3	—
12	9	2 s.	—	—
13	38	2 s.	1 s. a — 2; 1 s. a — 3; 1 s. a — 28	parte in meandro stret.
14	15	1 s.	1 s. a — 2; 1 s. a — 10	—
15	7	1 s.	—	—
16	89	2 s.	1 s. a — 10 a sin.; 1 s. a — 14 sin.; 1 s. a — 25 molto a sin.; 1 s. a — 25 a sin. (traverso); 1 s. a — 27; 1 s.+1 nuts a — 57	pendolare a sin. (!) lasciata corda fissa.

17	3	—	—	in roccia
18	100	2 s.	1 s. a — 10; 1 s. a — 24; 1 s. a — 51; 1 s. a — 67	bellissimo
19	23	1 s. + spuntone	1 s. a — 5	—
20	16	1 s.	—	collegato al P. preced.
21	86	2 s.	1 nuts N. 9 a — 3 Stopper; 1 s. a — 25; 1 s. a — 58	bagnato
22	12	1 s.+1 nuts N. 5 exentric	—	—
23	15	1 nuts N. 8 Stopper + 1 s.	—	—
24	22	2 s. + 1 s.	1 s. a — 3	travers. a sin. per 6 m.
25	40	1 s.	—	collegato al P. preced.

Ai Fulmini sono stati utilizzati 810 metri di corda, di cui:
35 metri di Grandes Jorasses 9 mm, 25 metri Salca Speleo 10 mm e 750 metri di Ederlid Superstatic 10 mm.

Sono stati infissi 69 spit di cui utilizzati 61 e 7 Nuts tra Exentric e Stoppers.

Dal 21 novembre 1982, giorno della scoperta al 13 marzo 1983, data dell'ultimo disarmo, sono occorse 7 uscite che hanno impegnato 10 squadre diverse.

Nell'ultimo disarmo è stato però necessario l'aiuto di G.C. Pasini (nota: nuova leva della speleologia bolognese).

Michele Sivelli

DATI CATASTALI

Numero catastale; in assegnazione

Provincia: Lucca

Comune: Stazzema

Frazione: Arni

Località: Cave Fondone

Profondità: — 760 m

Cartografia: I.G.M. 96 II SO

Quota dell'ingresso: 1350 m slm

Cartografia: I.G.M. 96 II SO

Sviluppo spaziale: 1030 m ca

Itinerario e note idrologiche

L'Abisso dei Fulmini si apre pressoché al centro del vasto anfiteatro delle Cave Fondone. Per chi voglia raggiungere l'ingresso: salire fino alla parte più alta delle cave dove, nei pressi di una cabina elettrica in disuso parte il sentiero che conduce in cima al M. Altissimo (segnavia rossi). Si segue in salita il sentiero per una decina di minuti fino a che questo scavalca una piccola cresta, per poi proseguire orizzontale per alcune decine di metri. A metà circa del traverso si abbandona il sentiero risalendo un evidente canale sulla destra; si sorpassa una caverna dal vasto imbocco e, proseguendo in ripida salita si è in breve all'ingresso a pozzo (piccolo alberello nelle immediate vicinanze e sigla « G.S.P.G.C. 3 »).



La colorazione del torrente, a — 695.

Tutta la zona era già stata oggetto di esplorazioni da parte di Lucchesi, Bolognesi e Reggiani; per informazioni generali più dettagliate si rimanda alla pubblicazione di questi ultimi (« M. Cremaschi - Contributo allo studio del carsismo di Monte Altissimo » in « G.S.P.G.C. - Attività 1971 » Reggio Emilia 1972).

La principale novità da riportare riguarda l'idrologia sotterranea. Da molti anni infatti si ipotizzava che la risorgente dell'Altissimo dovesse essere La Polla, nei pressi del paese di Azzano, sul versante occidentale della montagna; si tratta di una bella sorgente con portate relativamente modeste, fra i 10 e i 60 l/s, e cattiva regolazione, con piene brevi e rapide. Finalmente abbiamo appurato sperimentalmente che gli abissi dell'Altissimo versano l'acqua alla Polla. La colorazione è stata fatta versando a — 700 nel ruscello che scorre nell'Abisso dei Fulmini, in condizioni idriche normali, un kilo e mezzo di fluorescina. I fluorocaptori posti alla Polla sono risultati fortemente positivi dopo appena 14 ore, avvallando le ipotesi che davano per scontata una comunicazione rapida e diretta. A — 680 circa l'Abisso dei Fulmini riceve da sinistra un importante affluente; il corso d'acqua risultante ha una portata di circa la metà rispetto a quella della Polla, il che fa supporre che si tratti del principale collettore di questa montagna.

Il sifone terminale dei Fulmini si trova a circa un chilometro di distanza lineare dalla Polla e a circa 30 metri di dislivello, per cui un futuro approfondimento è assai improbabile. Restano, invece, numerosi pozzi laterali e finestre da vedere, in particolare nella zona attorno al sifoncino di fango a — 270 circa. Conoscendo la morfologia e le caratteristiche di queste cavità esclusivamente verticali è comunque assai probabile che si tratti di brevi rami che si ricongiungono all'asse principale della cavità.

Mario Vianelli

Estratti dal volume:

Atti del
XIV Congresso
Nazionale
di Speleologia

organizzato da GSB - USB

Bologna, 2 - 5 settembre 1982

PAOLO FORTI (*), GIULIANO PERNA (**)

STUDIO MORFOLOGICO E GENETICO DELLE PISOLITI
DI ARAGONITE RINVENUTE IN DUE GALLERIE
MINERARIE PRESSO IGLESIAS (SARDEGNA SW) (***)

RIASSUNTO - Nel corso di uno studio idrologico multifinalizzato condotto nel distretto minerario di Iglesias, è stata trovata una grande quantità di piccole pisoliti di aragonite all'interno di due differenti gallerie minerarie poste sotto il livello del mare.

Un campione significativo di tali pisoliti è stato prelevato per esser sottoposto ad analisi di laboratorio.

Nel presente lavoro, dopo l'esposizione dei risultati ottenuti nelle analisi, gli autori avanzano alcune ipotesi sul meccanismo genetico ed evolutivo che è alla base della formazione di queste pisoliti non comuni.

ABSTRACT - During an hydrological multifinalized research, carried out in the Iglesias mining district (SW Sardinia - Italy), inside two mine galleries carved below sea level, a very large number (more than several millions) of small aragonite cave pearls has been found.

A statistical sample of the pearls has been taken for the lab analyses.

In the present paper the experimental results are firstly reported and then the authors put forth some hypotheses about the genesis and the evolution of these uncommon cave pearls.

INTRODUZIONE

Nella formazione carbonatica cambrica del distretto minerario di Iglesias (Sardegna SW) sono localizzate le più importanti miniere di Pb e Zn d'Italia.

I calcari, e subordinatamente le dolomie, sono interessati da un intenso carsismo policiclico (CIVITA M., COCOZZA T., PERNA G., 1977),

(*) Istituto Italiano di Speleologia - Via Zamboni 67 - 40127 Bologna.

(**) Salita dei Mulini 49 - 38050 Villazzano.

(***) Lavoro effettuato nell'ambito del progetto CEE CREST 114 79 7 MPPI.

caratterizzato anche dall'esistenza di molte cavità prive di uno sbocco diretto all'esterno e sviluppatasi anche molto al di sotto del livello del mare (FORTI P., PERNA G., TURI B., 1980), incontrate dai lavori minerari.

All'interno delle gallerie minerarie circolano acque sia di tipo meteorico-carsico sia di tipo salino (CIVITA M., COCOZZA T., FORTI P., PERNA G. e TURI B., 1980) e l'incontro e la miscelazione di queste due acque genera accentuate forme di speleogenesi e di cristallizzazione e concrezionamento ipercarsici.

Durante lo svolgimento di una ricerca idrogeologica multidisciplinare condotta per conto della Comunità Economica Europea (AA.VV., 1981), è stato possibile condurre uno studio di dettaglio delle forme carsiche esistenti nelle principali miniere dell'Iglesiente (FORTI P. e PERNA G., 1982).

Tra queste sono risultate esser particolarmente interessanti due famiglie di pisoliti rinvenute rispettivamente a livello — 100 della Miniera di Monteponi e a livello — 155 della Miniera di San Giovanni.

L'interesse di queste pisoliti stava innanzitutto nel fatto che erano in un numero enorme, davvero inusuale (diversi milioni), ed anche nelle dimensioni piccolissime di parte delle stesse.

Si è provveduto quindi a campionare in maniera significativa le due famiglie di pisoliti per sottoporle ad analisi di laboratorio.

Nel presente lavoro, dopo la descrizione del luogo ove le pisoliti sono state rinvenute e delle analisi cui sono state sottoposte, vengono discussi i possibili meccanismi genetici, alcuni dei quali del tutto nuovi, che ne hanno permesso la crescita.

LE PISOLITI DELLA MINIERA DI MONTEPONI

Il livello — 100 della miniera di Monteponi è quello attuale di eduazione per cui vi scorrono tutte le acque che interessano l'area della miniera, siano esse di tipo salino (marino) che di tipo meteorico-carsico.

In molte zone di questo livello è possibile osservare sui piccoli cumuli di fango, che emergono solo di pochi centimetri dal fondo allagato dall'acqua salata, alcune vaschette bianchissime riempite di un elevatissimo numero di piccolissime pisoliti anch'esse bianche (v. Foto 1).

Le vaschette si trovano sempre in corrispondenza del punto di caduta di uno stillicidio che proviene dalla volta della galleria.

Per lo scopo del presente lavoro è stata vuotata completamente una di queste vaschette, che è risultata contenere oltre 2 milioni di pisoliti.

LE PISOLITI DELLA MINIERA DI SAN GIOVANNI

Al livello — 155 della miniera di San Giovanni una galleria laterale di 2 metri di larghezza, scavata nel 1976, ha creato un collegamento con un fornello da cui scende acqua salata in notevole quantità, che ribolle vistosamente a causa del degassamento.

Il pavimento di tutta la galleria laterale è completamente ricoperto di pisoliti di color rosato per una lunghezza di circa 15 metri e per uno spessore di circa 10 centimetri.

Le pisoliti risultano classate con gli elementi maggiori in superficie e quelli minori al fondo (v. fig. 1).

In questo caso il campionamento è consistito nel fare una trincea di 10 x 10 cm e nel prelevare tutte le pisoliti che vi si trovavano dentro (oltre 50 milioni).

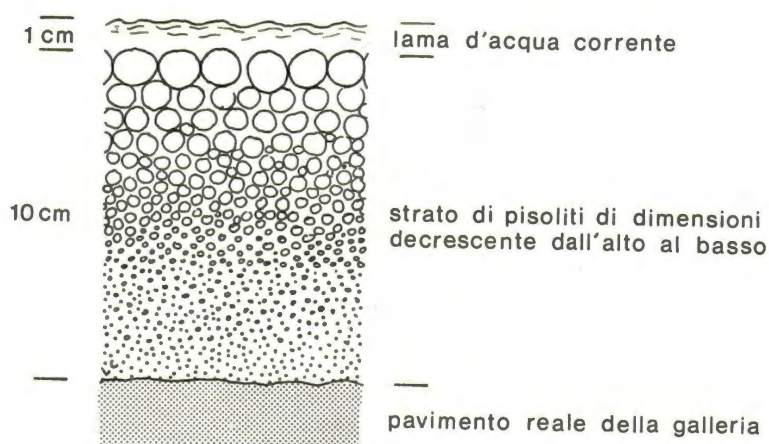
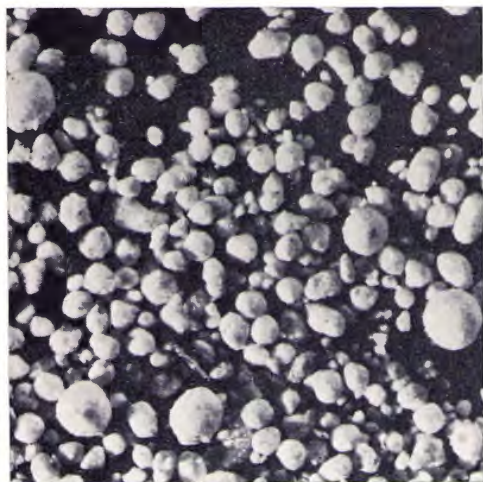
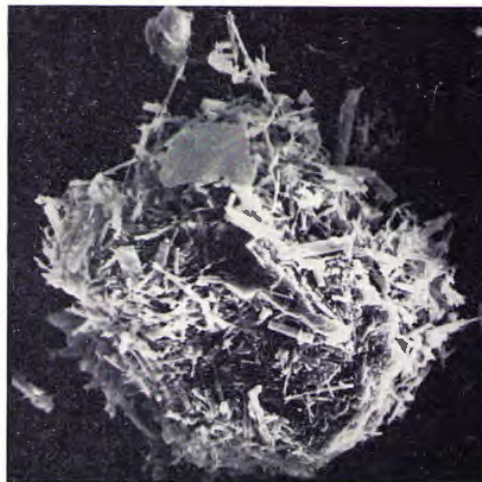


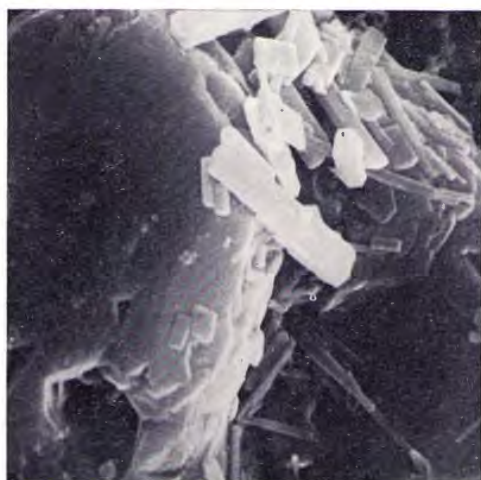
Fig. 1 - Disposizione delle pisoliti di aragonite sul pavimento della galleria della Miniera di S. Giovanni.



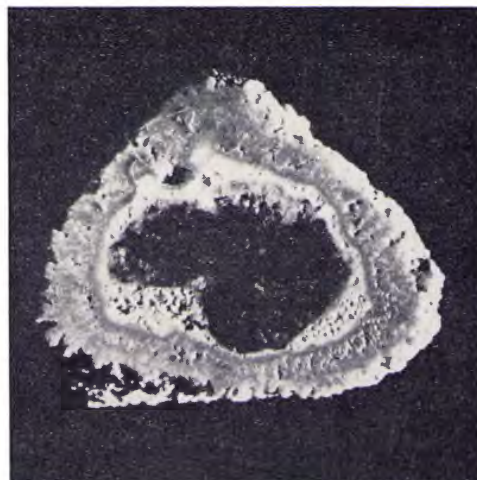
1



2



3



4

- 1) Pisoliti di aragonite della galleria a — 100 nella miniera di Monteponi. I diametri massimi sono di circa 2 millimetri.
- 2) Foto al microscopio elettronico di una pisolite di aragonite della miniera di Monteponi, il cui diametro è di 25 micron.
- 3) Cristalli bacillari (2-5 micron di lunghezza) disposti tangenzialmente alla superficie di un nucleo di calcare ceroide che stanno incrostando (Miniera di Monteponi livello — 100).
- 4) Sezione di una pisolite rinvenuta al livello — 155 della Miniera di San Giovanni: si noti la banda chiara di aragonite bianca a contatto con il nucleo.

(foto P. Ferrieri)

OSSERVAZIONI SPERIMENTALI

L'analisi chimica ed i diffrattogrammi a raggi X hanno evidenziato come le pisoliti delle Miniere di Monteponi e di San Giovanni siano ambedue formate da aragonite per oltre il 95%, con la presenza di tracce di piombo, zinco, stronzio, magnesio e ferro (v. tab. 1).

Si è quindi proceduto alla classazione delle pisoliti delle due miniere mediante setacci: i risultati sono riportati in tab. 2.

L'analisi al microscopio elettronico della classe < 0.063 mm ha mostrato come esistano in ambedue gli insiemi di pisoliti elementi con diametro inferiore ai 20 micron (v. Foto 2), e come i cristalli bacillari di aragonite, che accrescono le pisoliti, siano disposti tangenzialmente alla superficie delle stesse (v. Foto 3).

Tab. 1 - Composizione chimica degli elementi in traccia nelle pisoliti delle miniere di Monteponi e di San Giovanni espressa in % in peso.

Elementi	Monteponi	San Giovanni
Zinco	0.31	0.27
Stronzio	0.20	0.32
Piombo	0.13	0.09
Magnesio	0.04	0.12
Ferro	0.025	0.034

Tab. 2 - Suddivisione per classi granulometriche delle pisoliti delle miniere di Monteponi e di S. Giovanni.

Classi granulometriche	diametro medio mm	Volume medio m ³	Superficie media mm ²	Peso totale		Pisoliti totali	
				Monteponi	San Giovanni	Monteponi	San Giovanni
				grammi			
8	10	523.6	314.16	5.29	907.00	4	820
4	6	113.09	113.09	13.29	1223.0	54	3.800
2	3	14.137	28.274	34.54	1255.0	1.415	20.000
1	1.5	1.767	7.068	32.02	622.0	5.200	200.000
0.5	0.75	0.220	1.7671	24.80	575.0	28.500	700.000
0.25	0.375	0.027	0.4417	8.802	212.0	96.000	2.200.000
0.125	0.188	0,00348	0,1110	2.418	51.6	195.000	4.000.000
0.063	0.095	0.000435	0.0277	0.7637	14.55	490.000	9.000.000
0.063 >	0.031	0.0000157	0.0030	0.1295	2.392	2.300.000	40.000.000

Si è quindi provveduto a sezionare un elevato numero di pisoliti delle classi da 2 mm a 0.125 mm per osservarne la struttura interna: si è notato che alcune di esse sono del tutto prive di nucleo, almeno per quanto evidenziabile dal microscopio da mineralogia, ed inoltre presentano una parziale diagenizzazione con struttura raggiata dei cristalli di aragonite che a volte è interrotta da bande afanittiche.

Il sezionamento ha anche evidenziato che le pisoliti della miniera di San Giovanni, a differenza di quelle di Monteponi, presentano due bande a colorazione differente (v. Foto 4), aventi però circa lo stesso spessore massimo di circa 3 mm: la banda esterna è di color rosato, mentre quella interna bianca è assolutamente analoga a quella delle pisoliti della Miniera di Monteponi.

Da ultimo si è analizzata chimicamente l'acqua di stillicidio e di scorrimento ed i risultati sono riportati in tab. 3 e tab. 5.

Tab. 3 - Caratteristiche chimico-fisiche delle acque madri nelle miniere di Monteponi e di San Giovanni.

Acque	Portata	T	ph	Cl g/l
Monteponi sgocciolamento	12 gocce minuto	17° (1)	7.8	0.35
Monteponi scorrimento	0.1 l/s	20.3°	6.95	6.98
San Giovanni 18-12-78		17°	7.91	7.01
San Giovanni 10-7-81		17°	7.71	8.65

(1) Temperatura desunta dal valore medio dell'acqua carsica della regione.

DISCUSSIONE

Il fatto che le pisoliti trovate nelle due gallerie minerarie siano tutte formate da aragonite, cosa davvero inusuale, può esser spiegato abbastanza facilmente.

Infatti è noto (ROQUES H., 1965) che la formazione di aragonite è dovuta alla presenza di magnesio ed altri ioni (v. tab. 1) derivanti dalle acque di mescolamento: infatti è noto che questi ioni adsorbendosi sui nuclei di cristallizzazione della calcite ne inibiscono la crescita, permettendo così a quelli di aragonite di svilupparsi.

Altro fattore che favorisce la crescita dell'aragonite è l'alta sovrasaturazione delle soluzioni: infatti in tale condizione si ha deposizione di vaterite che poi naturalmente si trasforma in aragonite.

Nel caso attuale delle due gallerie di miniera, all'alta salinità delle acque si aggiunge il fatto di un'altissima sovrasaturazione derivante innanzitutto dalla degassazione improvvisa che l'acqua subisce quando affiora nella galleria, passando da condizioni di pressione idrostatica di 10 atmosfere o più a quelle di 1 atmosfera: tale fatto è particolarmente evidente nel caso della Miniera di San Giovanni, ma è presente anche nelle acque di stillicidio di Montepioni.

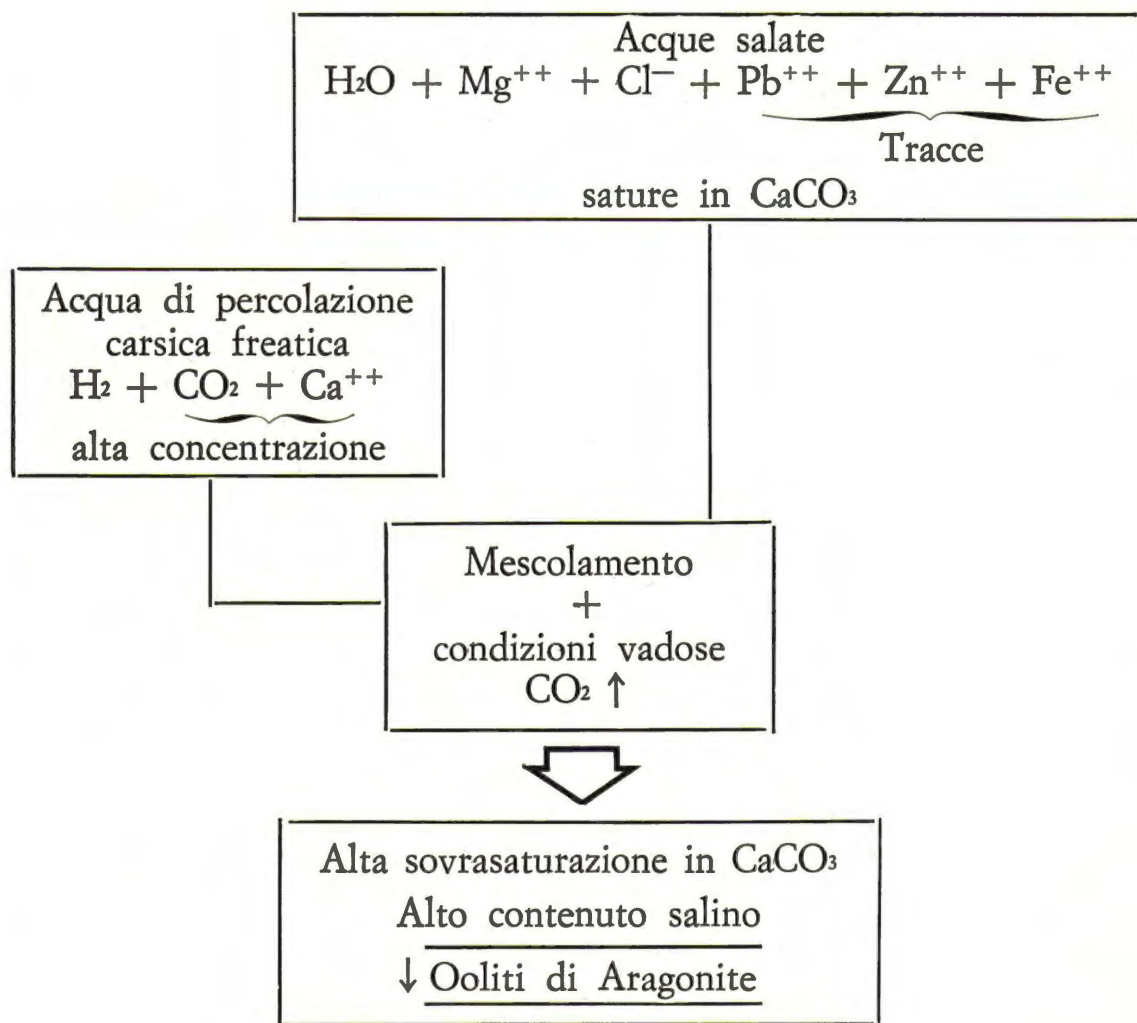


Fig. 2 - Schema genetico delle ooliti di aragonite in funzione del mescolamento di due acque differenti: carbonicate e salate.

Inoltre la non alta umidità relativa assieme alla forte ventilazione presente favorisce l'evaporazione dell'acqua, aumentando così la sovraturazione totale delle soluzioni.

Il meccanismo genetico che porta quindi alla formazione di pisoliti di aragonite può esser schematizzato come in fig. 2: la miscelazione di acque meteoriche ad alto contenuto di calcio con acque salate provoca, per perdita di CO_2 , in condizioni vadose, un'alta sovraturazione in carbonato di calcio con conseguente formazione di aragonite.

Le condizioni genetiche nelle due miniere sono però leggermente differenti: a San Giovanni le acque, già miscelate, scendono a cascata da un fornello per un centinaio di metri subendo una profonda degassazione e scorrono poi con moto turbolento nella galleria; a Monteponi, invece, si ha un mescolamento di acqua salata, che imbeve il pavimento ed emerge per capillarità nelle vaschette, con acqua carbonicata carsica che si è degassata per stillicidio (v. fig. 3).

Ma anche le dimensioni delle pisoliti ed il loro numero elevatissimo sono del tutto inusuali.



Fig. 3 - Schema della sezione della galleria della Miniera di Monteponi. 1) stillicidio di acqua carbonicata; 2) acqua salata; 3) vaschette di aragonite con all'interno le ooliti; 4) linee di arrivo dell'acqua salata nelle vaschette per capillarità.

L'esistenza di pisoliti piccolissime e di altre più grandi, ma praticamente prive di nucleo, porta a supporre che il fenomeno della deposizione di queste pisoliti debba esser estremamente veloce in modo da rendere più favorito il processo di nuove nucleazioni rispetto a quello dell'accrescimento di pisoliti più grandi.

Tale ipotesi è certamente confermata dall'enorme numero di perle presenti nella galleria di quota — 155 della Miniera di San Giovanni, che è stata scavata da appena 7 anni; in un così breve lasso di tempo si sono depositate molte tonnellate di aragonite.

Anche le pisoliti della miniera di Monteponi, pur non essendo in così elevato numero, si devono esser depositate rapidamente, infatti le gallerie del livello — 100 vengono talvolta allagate ed ogni allagamento disperde le pisoliti che si erano formate.

Molto interessante, inoltre, risulta essere il grafico relativo al numero di pisoliti presenti per ciascuna classe granulometrica espresso in funzione della superficie delle stesse.

In fig. 4 viene riportato tale grafico in scala bilogarithmica ed è evidente l'esistenza di una proporzionalità inversa tra il numero di pisoliti di una data classe e la sua superficie. Tale proporzionalità può esser espressa dalla seguente relazione:

$$N_{\text{pis}} = K \cdot 1/\text{sup}$$

Questa relazione è del tutto logica dato che il processo di accrescimento avviene per deposizione di materiale sulla superficie delle pisoliti ed il tempo ed il materiale necessario per un aumento unitario è evidentemente proporzionale alla superficie stessa.

Nella relazione suespressa il valore della costante K praticamente ci da la velocità di caduta del numero delle pisoliti in funzione dell'aumentare della superficie ed altro non è che un indice della prevalenza del meccanismo della nucleazione su quello dell'accrescimento: in pratica un indice del grado di sovrasaturazione.

Più difficile da giustificare è l'esistenza nei due grafici di un punto (attorno alla classe 2.0 mm) in cui si ha un brusco cambiamento nel valore di K (v. fig. 4).

Tale netta variazione nella proporzionalità tra il numero di pisoliti e la loro superficie non è ancora del tutto spiegata e chiara: è comunque oramai assodato (BINI A. e FORTI P., 1981) che lo stesso andamento si ritrova anche in famiglie di pisoliti rinvenute in condizioni diversissime.

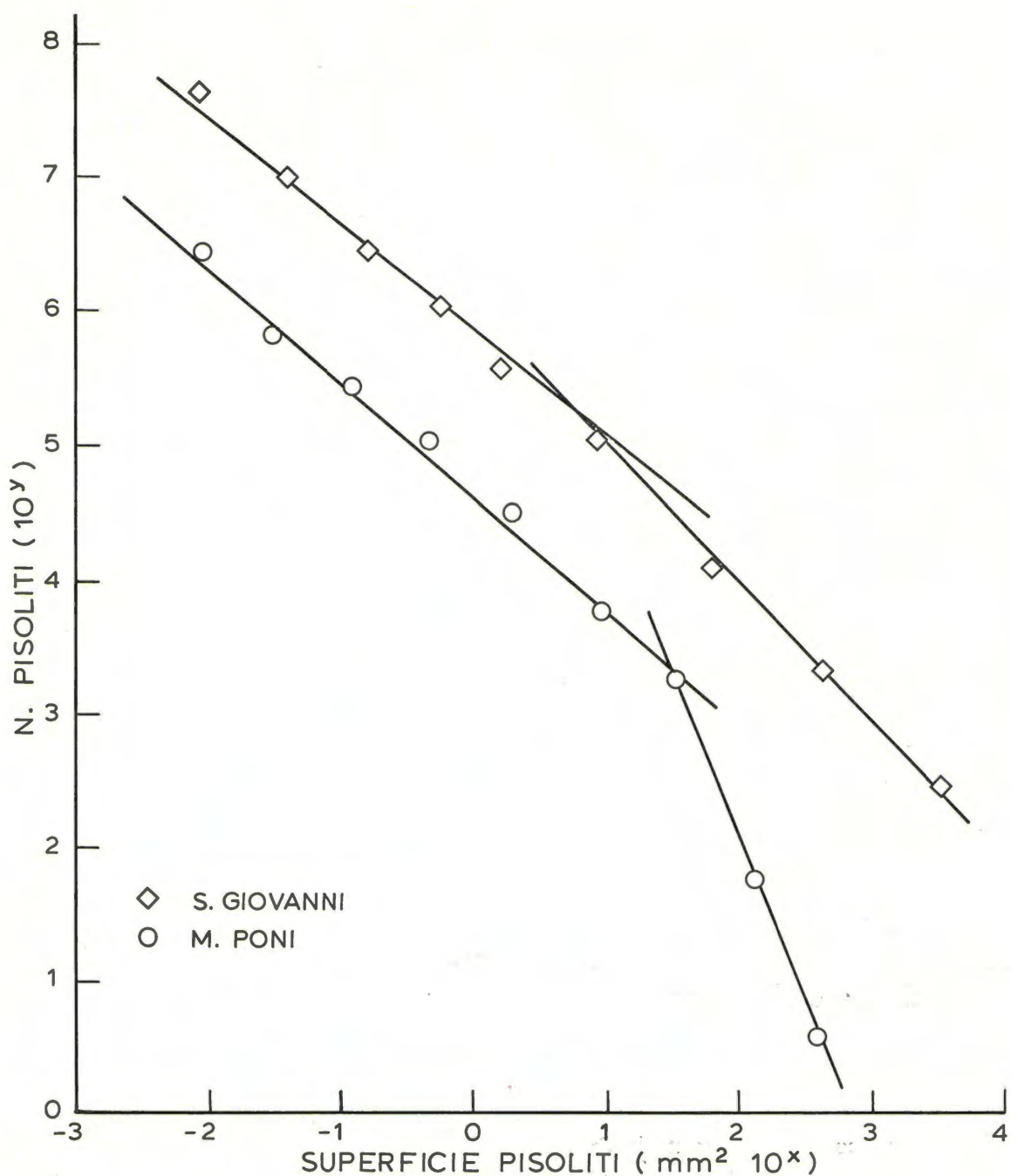


Fig. 4 - Diagramma frequenza/superficie per le pisoliti della miniera di S. Giovanni e di quella di Monteponi.

La variazione potrebbe dipendere da vari fattori, innanzitutto la maggiore facilità a perdere durante il campionamento un certo numero di elementi delle classi granulometriche inferiori, abbassando così la pendenza della retta in questi punti, oppure al fatto che il numero dei nuclei

disponibili per dare luogo a pisoliti delle classi granulometriche più alte può esser molto basso e contribuire quindi a rendere più ripida la retta a valori di superficie più alti.

Ma oltre che all'azione combinata di questi due fattori l'andamento dei grafici potrebbe esser influenzato anche da altri fenomeni che ancora non si è in grado di individuare.

Una cosa che forse potrebbe avere una certa importanza nella definizione del significato fisico del flesso è che esso cade molto vicino al punto che è stato scelto convenzionalmente per differenziare le ooliti (< 2.0 mm) dalle pisoliti (> 2.0 mm): un'analisi quindi delle condizioni genetiche e di sviluppo delle ooliti marine potrebbe permettere di chiarire i dubbi che ancora esistono a proposito di questi grafici.

La somiglianza delle pisoliti trovate nelle gallerie delle due miniere con le ooliti marine ed il fatto che anche queste siano fatte di aragonite ha indotto a confrontare il contenuto in Stronzio delle pisoliti al contenuto in cloro delle acque madri (v. tab. 4).

La tendenza concorde di questi rapporti fa pensare ad una provenienza marina delle acque salate che si miscelano in miniera con quelle meteorico-carsiche: questo fatto, concordando con molte altre evidenze idrologiche, permette di stabilire il tipo di circolazione delle acque salate nell'Iglesiente.

Da ultimo rimaneva da stabilire l'esistenza, solamente nelle pisoliti della miniera di San Giovanni, di due differenti bande cromatiche di spessore circa analogo: quella interna bianca, analoga a quella delle pisoliti della miniera di Monteponi, e quella esterna rosata.

Tab. 4 - Rapporti nel contenuto in Sr tra ooliti marine, ooliti del livello — 100 di Monteponi, ooliti del — 155 di S. Giovanni e aragoniti continentali in funzione del contenuto in Cl delle acque madri.

Campione	Cl g/l acqua madre	Sr % peso	Cl/Cl marino	Sr/Sr marino
Ooliti marine	20	0.8	1	1
Ooliti — 155	8.6	0.32	0.43	0.4
Ooliti — 100	6.9	0.2	0.35	0.25
Aragoniti di grotta	0.3	0.01	0.015	0.012

La banda interna bianca esiste poi solamente in quelle pisoliti che hanno uno spessore di concrezione superiore ai 3 millimetri.

La differenza cromatica di queste pisoliti è certamente da attribuire alla netta variazione chimica che l'acqua del livello — 155 ha subito nel 1978, anno in cui la circolazione idrica all'interno della miniera è stata profondamente modificata dai lavori di coltivazione.

Infatti, come si può vedere in tab. 5, dopo tale variazione il contenuto salino è notevolmente aumentato e questa è certamente la causa che ha portato alla variazione cromatica osservata; inoltre anche il fatto che i due strati abbiano spessori equivalenti concorda dato che la galleria è stata scavata nel 1976 e quindi la variazione del chimismo è avvenuta a metà strada nello sviluppo delle pisoliti.

Tab. 5 - Contenuto in sali disciolti delle acque del — 155 della Miniera di San Giovanni espressi in g/l.

Elementi	18-12-78	10-7-81
Na ⁺	3.661	4.504
K ⁺	0.117	0.162
Ca ⁺⁺	0.470	0.492
Mg ⁺⁺	0.399	0.505
Cl ⁻	7.092	8.651
SO ₄ ⁼	0.959	1.191
HCO ₃ ⁻	0.305	0.278

CONCLUSIONI

Lo studio morfologico, fisico e chimico delle pisoliti di aragonite rinvenute al di sotto del livello del mare nelle Miniere di Monteponi e di San Giovanni presso Iglesias, ha permesso di evidenziare nuovi meccanismi speleogenetici dovuti a miscelazione di acque a chimismo molto differente (salate e meteoriche).

Inoltre si è potuta confermare l'esistenza di una proporzionalità inversa tra il numero delle pisoliti di una data classe granulometrica e la loro superficie esterna, anche se allo stato attuale delle conoscenze molti inter-

rogativi attendono una risposta esauriente per spiegare compiutamente i risultati sperimentali raggiunti.

A questo proposito sarà necessario continuare lo studio geochimico e statistico intrapreso nell'Iglesiente e nel Buco del Castello (BINI A. e FORTI P., 1981) in modo da poter giungere ad una definizione completa dei fenomeni che portano all'evoluzione delle pisoliti.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1981 - *Definizione della circolazione delle acque in bacini minerari in rocce carbonatiche*. CEE Interim report: 1-170.
- BINI A. e FORTI P., 1981 - *Analisi statistica delle pisoliti della grotta « Buco del Castello »* Atti Conv. Spel. Lombardo, Brescia: in stampa.
- CIVITA M., COCOZZA T., PERNA G., 1977 - *Karst cycles and groundwater flow in the Iglesias mining district (Sardinia, Italy)* Proc. 7th Int. Spel. Congress, Sheffield: 114-121.
- CIVITA M., COCOZZA T., FORTI P., PERNA G., TURI B., 1980 - *Hydrogeology and geochemistry of groundwater in the mining district of Iglesias (SW Sardinia) and its correlation with speleogenesis and cave mineralization*. Europ. Reg. Speleol. Conf., Sofia: in stampa.
- FORTI P., PERNA G., TURI B., 1981 - *Genetical observations on some natural cavities of the Masua mine (SW Sardinia)*. Proc. 8th Int. Spel. Congress Bowling Green: 747-750.
- FORTI P. e PERNA G., 1982 - *Concrezioni e cristallizzazioni nei karts dell'Iglesiente (Sardegna SW)* 14° Congr. Naz. di Spel. Bologna.
- ROQUES H., 1965 - *Sur la gèneses des formations aragonitiques naturelles*. Ann. de Spéléol. XX (1): 47-54.

GIUSEPPE RIVALTA (1)

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA POPOLAZIONE MICROBICA DELL'AMBIENTE CAVERNICOLO: METODI DI CAMPIONATURA E DI ANALISI

RIASSUNTO - L'Autore, considerando l'esigenza che la moderna Biospeleologia ha di interessarsi dell'ambiente Ipogeo anche sotto il profilo « microbiologico », (sia per ragioni di studio di un settore ancora poco conosciuto, che per ragioni ecologiche, atte a prevenire o a denunciare eventuali inquinamenti), presenta una sintesi della Sistematica e dei complessi rapporti esistenti tra i diversi gruppi di microrganismi che stanno alla base della « Catena alimentare » cavernicola; nella seconda parte della relazione l'A. presenta alcune metodologie adatte ad un lavoro in grotta per quel che concerne le campionature e le successive tecniche per una corretta analisi dei materiali, tutto ciò in base a numerose esperienze ed osservazioni fatte nel territorio dei Gessi bolognesi e sviluppate presso l'Istituto Italiano di Speleologia della Università di Bologna.

ABSTRACT - The A., in analysing the necessity that the modern Spelaeology has to study caves also from the Microbiological point of view, presents, syntetically, the Bacteric Systematics and the complex relationships among the different micro-organism groups. Afterwards, the A., proposes a methodology suitable for a cave work (by taking samples and technique of analysis) and the first results about some researches in this way, executed in some gypsum caves of Bologna and developed at the Italian Institute of Spelaeology of Bologna University.

Tra i vari « dissesti ecologici » che si manifestano con frequenza crescente, quello dell'inquinamento delle falde idriche è uno dei più diffusi, specialmente se le zone interessate si presentano densamente popolate e l'approvvigionamento idrico richiesto non riesce a tenere il passo con le reali risorse disponibili nel sottosuolo.

La presenza di insediamenti umani e industriali in zone carsiche, ove l'estrema permeabilità del substrato fa sì che le acque di scarico penetrino rapidamente in profondità, pregiudica irrimediabilmente l'intero habitat ipogeo e fornisce alle risorgive acque igienicamente inaccettabili.

(1) Gruppo Speleologico Bolognese del C.A.I.

Occorre perciò che anche la speleologia si mobiliti contro questa nuova minaccia per la natura e che, quindi, i Gruppi speleologici italiani si preparino ad un costante controllo microbiologico delle acque.

Da queste premesse consegue la necessità di meglio conoscere la vita microscopica che permea le sorgenti, i suoli e le grotte.

Cercherò quindi di sintetizzare, nel modo più chiaro possibile, un argomento che, in campo speleobiologico, è stato finora appena accennato.

Ritengo inoltre indispensabile fornire una metodologia (nata da una mia lunga sperimentazione), particolarmente adatta ad un impiego prettamente « speleologico ».

La « SPELEOBATTERIOLOGIA » (come già VANDEL amò definirla in un suo trattato) ha il suo precursore nel Prof. ENDRE DUDICH, il quale, fin dal 1930, riconobbe ai batteri una funzione fondamentale nei cicli alimentari dei cavernicoli. Ma già nel '34 il Gruppo Speleologico Bolognese, grazie all'intuito vivissimo del suo Presidente e fondatore LUIGI FANTINI, partecipò ad una originale ricerca sulla « microflora » di alcune acque circolanti nel sottosuolo bolognese, i cui risultati apparvero sulla Rivista Italiana di Fisica Matematica e di Scienze Naturali (AMATI A., GUALANDI C., 1934). Nel dopoguerra seguirono altri lavori, specialmente tedeschi e francesi.

Tra le ricerche condotte in Italia, si ricordano quelle di S. LIDDO riguardanti la flora microbica dell'aria delle Grotte di Castellana (LIDDO S., 1951). Non sono mancati anche studi inglesi e americani.

Negli ultimi decenni la microbiologia ha compiuto enormi progressi, dovuti in gran parte al crescente interesse che le ha dedicato la medicina, ed è perciò possibile inquadrare finalmente questa importante disciplina anche sotto il profilo ecologico, e quindi speleologico. A tale riguardo siamo comunque ancora agli inizi: molto resta da fare e da scoprire.

In ogni « Ecosistema » tutte le diverse « comunità » di organismi che occupano determinati « biotopi » sono sottoposte al condizionamento di fattori strettamente legati all'ambiente; ma le caratteristiche di quel certo habitat possono a loro volta subire modifiche proprio a causa degli stessi esseri viventi presenti.

Nel suolo e nel sottosuolo, i cosiddetti « microrganismi » sono gli elementi situati alla base del grande ciclo alimentare che caratterizza la

vita ipogea: soltanto loro sono in grado (in assenza di luce) di ricavare nuove fonti energetiche da residui animali e vegetali, nonché dalle sostanze minerali stesse, venendo, pertanto, a reintegrare e spesso ad arricchire il « substrato » che caratterizza quel determinato « ecosistema ».

Gli « SCHIZOMICETI » o « Batteri » costituiscono la Classe (abituamente inserita nel mondo vegetale) che raccoglie gli organismi più semplici e più in basso (con i Virus) nella scala evolutiva.

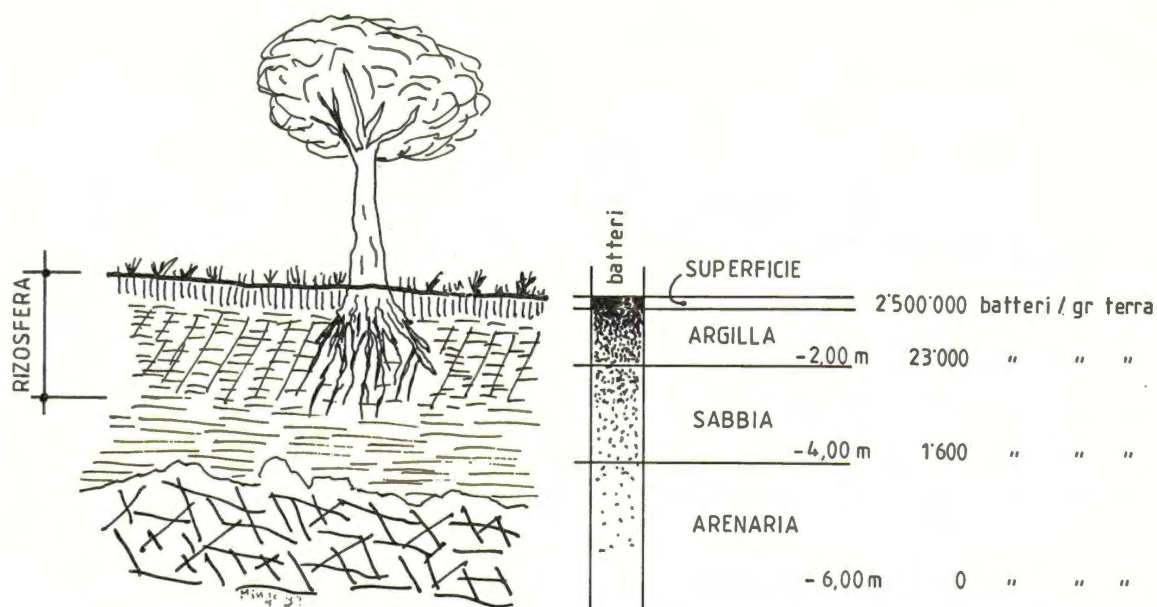
Essi sono di certo i più largamente diffusi nella biosfera e da loro dipendono più o meno direttamente tutti gli altri esseri viventi.

Come « struttura » gli Schizomiceti sono caratterizzati (quasi sempre) da una *parete cellulare* esterna, che racchiude una *membrana cellulare* con, all'interno, immerso in un citoplasma, materiale genetico libero; il *genoma* è sempre limitato a poche migliaia di *geni* (2000-3000); le dimensioni sono sempre ridottissime e possono essere presenti ciglia e flagelli: si tratta in altri termini di organismi « PROCARIOTI ».

È ormai accertato che le cellule « EUCARIOTE » (= a *nucleo* ben delimitato) abbiano raggiunto la loro complessità strutturale attraverso un lungo cammino evolutivo, durato quasi tre miliardi d'anni; alla fine di questo enorme lasso di tempo, le forme « eucariote » che sono apparse come tali, avevano nella loro struttura elementi, organuli, di evidente origine batterica (es. mitocondri, cloroplasti, cinetoplasti ecc.). quasi fossero avvenuti complessi fenomeni di « simbiosi ».

* * *

La vita « microbica » si sviluppa, nella stragrande maggioranza dei casi, sulla superficie del terreno e diminuisce progressivamente man mano che ci si allontana dalla « rizosfera » (cfr. Tav. 1). Il FLORENZANO (op. cit.) afferma che: « ... il comportamento delle comunità microbiche nel terreno segue determinate regole, analoghe a quelle stabilite per le piante superiori nel loro ambiente. Le popolazioni microbiche hanno una composizione fondamentale relativamente stabile ed un tale equilibrio interno da rendere praticamente impossibile l'introduzione di specie microbiche estranee senza avere prima modificato opportunamente i fattori ecologici... I fattori dell'habitat determinano le specie e il numero di microrganismi. Modificando l'uno o l'altro fattore ecologico, si modifica il modo di agire degli altri ».

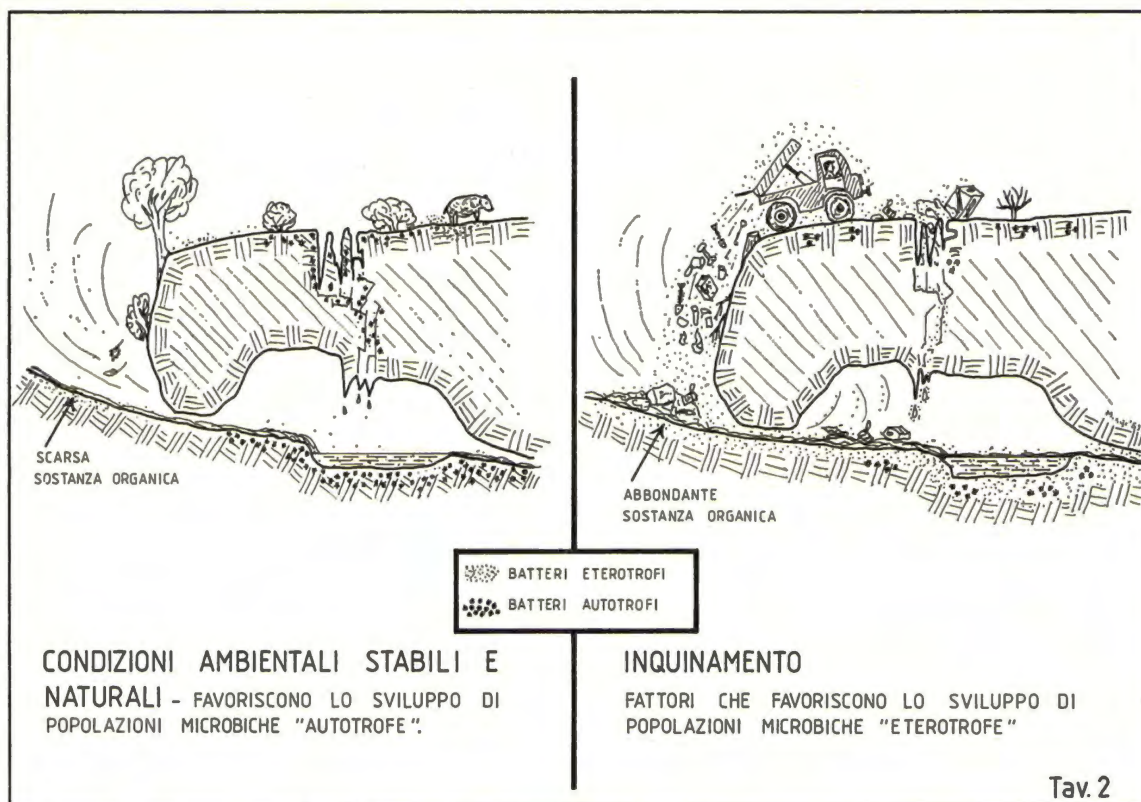


Tav.1 - VARIAZIONI DELLA POPOLAZIONE MICROBICA A DIVERSE PROFONDITÀ (sec. Reimurs).

Da quanto appena riferito si comprende l'importanza di mantenere sotto costante controllo i vari ecosistemi ed in particolare quelli cavernicoli che ci interessano da vicino. Infatti, introducendo sostanze o germi estranei, si vanno a modificare, in modo grave, intere biocenosi e quindi gli ecosistemi stessi.

Nelle grotte (cfr. Tav. 2) si osservano due categorie di batteri: gli « eterotrofi » e gli « autotrofi »; i primi comprendono un elevato numero di specie, che però abitualmente non vivono in questo ambiente e che qui vi si trovano perchè veicolati dall'aria, acqua ed animali (uomo compreso). Il secondo gruppo invece è costituito da forme tipicamente legate al suolo, che potendo svilupparsi con il solo aiuto di sostanze minerali (per altro abbondanti come nel caso delle argille) si possono considerare giustamente dei « popolamenti endogeni » (VANDEL A., 1964).

Ma gli « autotrofi » necessitano di condizioni ambientali molto stabili, non soggette a variazioni brusche di ph, di potenziale di ossido-riduzione, di temperatura ecc.; se ciò avviene in presenza di forme « eterotrofe » (cioè di sostanza organica), queste ultime tendono a svilupparsi con rapidità ed in breve la situazione è completamente rovesciata: si ha, in altri termini, un fenomeno di inquinamento: una « polluzione biologica ».



Le argille delle grotte non sono ancora del tutto studiate per quel che concerne la composizione della microflora, tuttavia si sa che in questi suoli la concentrazione dei batteri è di gran lunga inferiore a quella riscontrabile in un comune terreno agrario, specie nella zona arabile. In altri termini, mentre in un suolo agricolo, epigeo, le popolazioni batteriche contano centinaia di milioni di individui, in quello « ipogeo », prevalentemente argilloso, se ne osservano soltanto alcune decine di milioni per grammo (GINET 1960, GOUNOT 1960). Nelle zone poste in vicinanza degli ingressi o sul fondo di pozzi che comunicano più o meno direttamente con l'esterno; si nota quasi sempre la presenza di materiale terrigeno estraneo a quello realmente ipogeo: qui la flora batterica, in senso lato, è più ricca e talvolta molto diversa da quella endogena. Non per questo è meno importante ed interessante osservare la composizione, poichè proprio tali depositi organici andranno ad arricchire il vicino e sottostante ambiente cavernicolo.

Come si è accennato precedentemente, ogni specie ha particolari esigenze fisiologiche o biochimiche per svilupparsi; se infatti è presente una certa quantità di detriti vegetali e quindi di cellulosa, la rapidità con cui essa viene attaccata dai cosiddetti organismi « cellulolitici » dipende dalla

quantità di Azoto presente e utilizzabile e dalla temperatura, che influenza in modo considerevole le numerose reazioni degradative. A questo proposito giova tener presente che, come si legge in un lavoro di G. FLORENZANO (bibl.): ... « a temperature inferiori a 10°C., le attività della microflora del suolo sono assai rallentate, per cui viene favorito l'accumulo di materiale organico in superficie. Con l'aumento della temperatura aumenta anche l'attività globale del suolo... ».

Anche la percentuale di umidità è un fattore collegato all'attività biosintetica microbica ed esso è in stretto rapporto con l'aria: più è presente un ricambio d'aria (= continuo apporto di ossigeno), più i germi del terreno esplicano le loro attività metaboliche. Viceversa una umidità elevata è indice di scarso movimento d'aria e quindi minore è l'ossigeno disponibile; da ciò deriva che la flora aerobia viene sostituita da una con maggior predisposizione alla « microaerosi » o all'« anaerobiosi ». In generale si instaurano processi biochimici tra loro collegati, con sensibile aumento della flora microbica, come riportato nella seguente tabella:

ACCUMULO di DETRITI (in ambiente ad Umidità costante)

cioè: condizioni favorevoli a sviluppo di PROTOZOI, METAZOI, ANELLIDI, ACARI, COLLEMBOLI ecc.



Ai batteri quasi sempre si associano altri organismi, quali gli ATTINOMICETI, LIEVITI e FUNGHI, che come i primi hanno la facoltà di utilizzare i medesimi processi biochimici, conferendo al « substrato » un particolare significato ecologico.

Gli ATTINOMICETI, infatti, che come numero di individui presenti in un suolo, vengono subito dopo i batteri propriamente detti, sono caratterizzati dal fatto di produrre aggregati lunghi e sottili (sono anche noti come « batteri filamentosi ») che li fanno assomigliare a miceli, o meglio, a ife fungine, però con diametri di poco superiori al micron. Come gli altri Schizomiceti sono sprovvisti di membrana nucleare. Nel 1965 GERBER, utilizzando tecniche gas cromatografiche, dimostrò che il caratteristico « odore di terra » era provocato da un composto (= GEOSMINA) prodotto da alcune specie di « Streptomyces » e « Streptosporangium ». Gli Attinomiceti hanno specifiche funzioni nei processi di formazione dell'humus (di cui, alla loro morte, diventano per autolisi, materia prima) ed inoltre sono agenti favorevoli nel processo decompositivo di sostanze animali e vegetali, liberando Ammoniaca e acidi organici.

Altra caratteristica di questi gruppi di « batteri filamentosi » è quella di produrre sostanze con spiccate caratteristiche ANTIBIOTICHE (es. streptomycina, cloromicetina ecc.). Le condizioni ambientali a loro più favorevoli sono date da suoli neutri o alcalini, con abbondanza di materiali vegetali. In conseguenza di ciò, in ambiente cavernicolo stretto, profondo, gli attinomiceti non possono avere uno sviluppo considerevole, come viceversa si può osservare nelle zone ingressuali, con abbondante vegetazione attorno.

La terza categoria che può avere una certa importanza in suoli di grotta è quella dei FUNGHI e in particolare dei « micromiceti », meglio noti come « muffe »: essi sono organismi pluricellulari, eucarioti, del gruppo delle Tallofite, ed è proprio in tali caratteri che si differenziano dai Batteri, dagli Attinomiceti precedentemente descritti. I Funghi prediligono terreni o substrati acidi ed hanno nell'ecologia del sistema una funzione che si inserisce (grazie a loro specifiche attività enzimatiche) nelle primissime fasi della decomposizione della cellulosa e della lignina, aprendo pertanto la via agli altri microrganismi degradatori. Tra i fattori fisici che più condizionano il loro sviluppo vi è il « ph » (con un'azione selettiva; es. un ph acido fa sviluppare il genere *Penicillium* e non altri) e la temperatura (che per accelerare lo sviluppo fungino deve essere relativamente alta).

Tra i Micromiceti (= muffe) più comuni nei suoli ipogei ne ricordiamo alcuni, quali ad esempio i generi *Aspergillus* e *Penicillium*, muffe verdi i cui conidi vengono dispersi nel suolo, nell'aria, nell'acqua; essi appartengono agli Ascomiceti (= funghi con tallo ben sviluppato e ciclo con fase sessuata culminante con la formazione dell'« asco »). Non meno dif-

fusi sono i Ficomiceti (= funghi più primitivi) con i generi *Mucor* e *Rhizopus*. E da ultimi vi sono Deuteromiceti (= funghi imperfetti) col genere *Fusarium* (= saprofita diffuso specie su legno putrescente).

In generale i vari gruppi di microrganismi non hanno, nel terreno, una distribuzione regolare del territorio da loro occupato, ma si presentano riuniti in piccoli « aggregati », che possono essere tenuti insieme tra loro da sostanze polisaccaridiche (FLORENZANO G., 1972).

Concludendo, si può affermare che proprio nel suolo si trova uno degli Ecosistemi davvero fondamentali per la vita sulla Terra: dai rapporti che si instaurano tra *Batteri Autotrofi* (veri e propri pionieri), gli *Eterotrofi* e *saprofiti* (senza contare tutte quelle altre forme di vita legate a questo stesso habitat), nasce il « SUOLO » propriamente detto.

Secondo A. GIORDANO (op. cit.) « ... quanto più sono piccoli gli organismi, tanto maggiore è il loro numero, più specifica è la loro funzione e più importante è la loro influenza sulle proprietà del suolo ».

Finora si è parlato sempre di Batteri del terreno e non di quelli che si ritrovano nelle acque dolci, ma questi risentono direttamente del popolamento microbico dei substrati che attraversano. Le acque dolci si autorigenerano per mezzo di cicli riassumibili in una continua circolazione dalle nubi alla terra, che causa effetti enormi sull'ecologia dei territori sottoposti all'azione di tali fenomeni (v. bibl.). Dai dati ricavati da centinaia di osservazioni, risulta che l'acqua di falda costituisce il 96% dell'intera quantità disponibile! Con ciò si può meglio comprendere l'importanza che assumono lo studio ed il controllo delle acque sotterranee e di falda; da cui la necessità di dedicare mezzi sempre maggiori alla ricerca speleobatteriologica.

MATERIALI E METODI DI INDAGINE

Quanto segue deriva da una sintesi che ho elaborato consultando numerosi testi e sperimentando direttamente sia in grotta che in laboratorio le tecniche più usate. Ne è così uscito un metodo per così dire standard, particolarmente adatto ad essere utilizzato dai Gruppi Speleologici. Colgo qui l'occasione per ringraziare il Prof. Paolo Forti, che mi ha consentito l'uso di materiali e delle attrezzature del suo Istituto e che ha appoggiato questa mia iniziativa.

MATERIALI OCCORRENTI ALLE RICERCHE SPELEOBATTERIOLOGICHE

1) POSTO DI LAVORO: occorre attrezzare un locale (anche piccolo) in cui ci sia spazio per un *piano di lavoro lavabile* e fornito di *lampada di Wood* (= a raggi UV); occorre un *Termostato* ($a + 37^\circ$); e un *Becco Bunsen* (= funzionante anche a Propano); utile è anche un *Frigorifero* ($= a + 4^\circ\text{C}$), in cui stockare i terreni sterili ed i campioni da esaminare.

2) STRUMENTARIO: *Anse di platino* (= strumento base in microbiologia); *Anse calibrate* (= per conte batt.); *Contenitori sterili* da 200 cc e *Piastre di Petri* (= in plastica o vetro); *Provette con tamponi sterili e pipette* monouso.

3) TERRENI STERILI: ve ne sono di due tipi (= solidi e liquidi) reperibili in confezioni già pronte o da preparare (= in questo caso può essere utile una pentola a pressione); essi servono per ottenere l'isolamento della coltura pura. I tipi più utili al nostro tipo di indagine sono:

a) *Terreni Elettivi*: sono tutti quelli che consentono uno sviluppo di varie specie batteriche (= es. Agar Cled, Agar comune, Brodo comune, Agar sangue) e fungine (= Brodo e Agar Sabouraud).

b) *Terreni Selettivi*: sono quelli che contenendo particolari sostanze che favoriscono la crescita soltanto di un gruppo di germi (= es. Brodo Verde Brillante, Agar Mc Conkey o Herellea per gli Enterobatteri; Agar Sale Mannite per gli Stafilococchi; Agar SS e Brodo Selenite per Salmonelle e Shigelle; Agar Cetrinide per Pseudomonadacee ecc.).

c) *Terreni Differenziali*: è una categoria molto vasta, che permette di arrivare alla identificazione del germe con reazioni biochimiche. A tal riguardo vi sono oggi vari sistemi computerizzati (= es. API SYSTEM, MINITEK ecc.), ma a mio parere l'ENTEROTUBE II della Roche è quello che più si adatta al nostro caso. Non entro in merito ad altri e più approfonditi argomenti di tecnica batteriologica, per i quali rimando senz'altro ai testi specifici, perchè ciò esulerebbe da quanto ci siamo prefissi. Dirò soltanto che alla conclusione del presente lavoro, ho riportato alcuni nomi di Ditte a cui ci si può rivolgere.

L'ANALISI DI UN'ACQUA DI GROTTA

La raccolta del campione deve essere fatta in modo da assicurare la massima sterilità possibile.

Occorre innanzi tutto procurarsi dei particolari recipienti, contenenti un supporto (= slide) su cui è attaccato un terreno sterile elettivo (= agar cled) del tipo « UROTUBE » Roche, che si usa abitualmente in microbiologia clinica; occorre anche avere dei barattoli sterili in plastica da almeno 200 cc, e piastre « petri » con Agar comune e Saboraud, oltre a piastre vuote e tamponi.

Se ci si trova su un ruscello o un corso d'acqua in genere, occorre disporsi « a valle » e immergere lo « slide » per qualche secondo a monte (possibilmente indossando guanti monouso). Analogamente si procede per la raccolta col barattolo sterile. Misurare sempre i dati di Temperatura ambientali e dell'acqua. La successiva « semina » viene così distribuita (vedi Tav. 3):

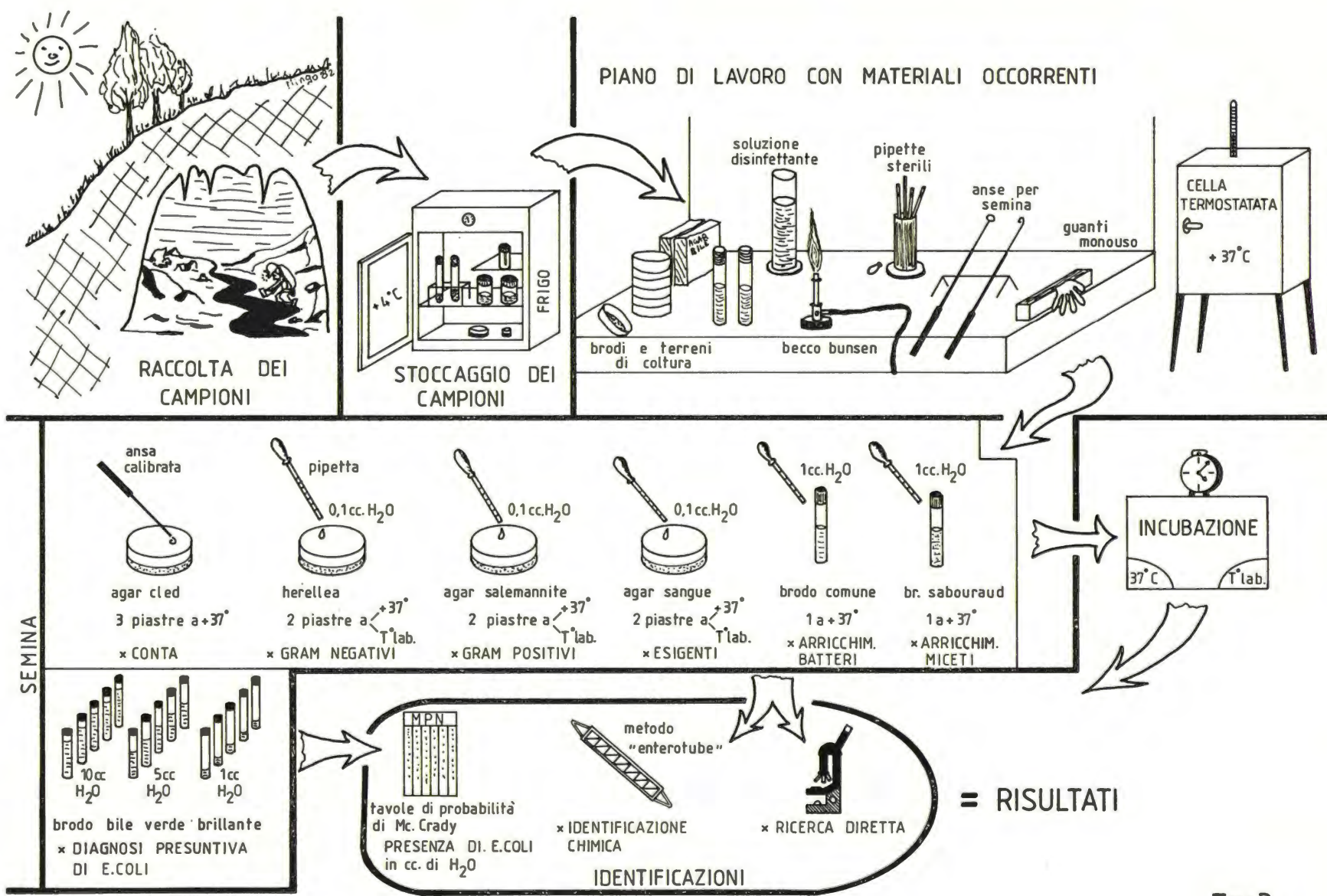
« UROTUBE »		a + 37°C
dal barattolo (200 cc) si seminano con ansa calibrata	3 piastre	AGAR CLED (+ 37°)
dal barattolo (200 cc) si seminano 0,1 cc di acqua	2 piastre	HERELLEA (+ 37°, T.L.)
dal barattolo (200 cc) si seminano 0,1 cc di acqua	2 piastre	A. SALE MANNITE (+ 37°, T.L.)
dal barattolo (200 cc) si seminano 0,1 cc di acqua	2 piastre	A. SANGUE (+ 37°, T.L.)
dal barattolo (200 cc) si seminano 0,1 cc di acqua	2 piastre	A. SABOURAUD (+ 37°, T.L.)
dal barattolo (200 cc) si seminano 1 cc di acqua	1 Br.	COMUNE (+ 37°)
dal barattolo (200 cc) si seminano 1 cc di acqua	1 Br.	SABOURAUD (+ 37°)
dal barattolo (200 cc) si seminano 15 provette di	Br. VERDE BRILL.	con campanella (v. manuale per tecniche batt. in bibl.) per MPN.

TL = temperat. di laboratorio.
Il tutto viene incubato per almeno 24-48 ore.

Segue la lettura dei primi risultati (per i micromiceti possono occorrere anche 10 giorni!); si contano le colonie cresciute in Urotube e A. CLED.

A 48 ore si rileggono i precedenti e si osserva in quali delle 15 provette « verdi » si è sviluppato GAS e INDOLO e si trasformano i dati con le TAVOLE di Mc. CRADY. Si procede poi agli inoculi in ENTEROTUBE II (e OXIFERM per pseudomonadacee) dopo aver effettuato la prova dell'« ossidasi » sulle colonie. Altra incubazione a + 37° in termostato per 24 ore.

LETTURA e INTERPRETAZIONE dei risultati (con l'ausilio anche dei rispettivi codici computerizzati della stessa Ditta); Conclusioni: es. Nell'acqua esaminata sono presenti X batteri/cc; Coliformi Y /100 cc; isolati e identificati i seguenti organismi: ecc.



Tav.3

Un'indagine di questo tipo si può anche eseguire sull'aria, per trovare l'INDICE MICROBICO DELL'ARIA (I.M.A.), esponendo semplicemente 2, 3 o più piastre di Agar CLED o Agar Comune a circa 1 metro da terra e da ogni oggetto per 1 ora e poi incubate a + 37° e a T.L. (meglio al buio).

Dopo 24-48 ore effettuare la conta delle colonie cresciute.

LE RICERCHE

Dalle prime analisi da me eseguite (con le tecniche descritte) su campioni di acqua e di argille provenienti da alcune cavità dei gessi bolognesi (= Gr. Novella, Gr. Acquafredda, Gr. Spipola ecc.) sono risultati ben riconoscibili molti Generi tipici del suolo, quali *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Acineobacter*, ecc., tutti facenti parte del gruppo dei batteri con caratteristiche fermentative e ossidative. Sono state eseguite anche rilevazioni tendenti ad individuare un eventuale Indice Microbico dell'Aria di alcune grotte (= es. Novella) e verificato indirettamente il fenomeno della caduta del pulviscolo atmosferico all'interno delle cavità; infatti dopo esposizioni di 1 ora e più, le crescite delle colonie sono state modeste con una certa prevalenza di « muffe ». Si sono effettuate anche indagini riguardanti la presenza, nelle acque ipogee, di Colibatteri, utilizzando il metodo di filtrazione su « membrana » e quello tradizionale del « Most Probable Number ». In base ai primi risultati a questo riguardo per ora si può affermare che nelle nostre acque di grotta non vi sono elevate percentuali di flore fecali, benchè tuttavia esse siano saltuariamente presenti (forse anche per le deiezioni dei vertebrati che popolano questi territori). Comunque i rilevamenti eseguiti hanno avuto finora un carattere saltuario, e la tecnica di prelievo e di analisi ha subito diverse modifiche.

Il metodo che ho presentato è tale che può dare risultati utilizzabili anche dagli Uffici Igiene delle Unità Sanitarie Locali, e ciò è utile per poter eventualmente procedere, legalmente, contro eventuali « inquinatori » delle nostre aree carsiche. Ma scopo della ricerca (appena all'inizio) è anche quello di conoscere, nei dettagli, i cicli di sviluppo della microflora nell'avvicendamento delle stagioni, i suoi rapporti con le colture agricole (= concimazioni ecc.) della superficie; in altri termini è una indagine destinata a durare molto tempo.

Il problema delle risorse idropotabili è talmente grave che l'O.N.U. ha deciso di dedicare il decennio 1980-1990 alla salvaguardia delle riserve

idriche sotterranee. In settembre si terrà a Zurigo un Congresso Internazionale, su questo tema specifico.

Anche la speleologia deve quindi dare il suo contributo, e quanto proposto in questo lavoro può esserne una via.

LA CLASSIFICAZIONE DEI BATTERI

Per la mancanza di relazioni filogeneticamente chiare e dimostrabili tra i vari gruppi degli Schizomiceti, è pressochè impossibile inquadrare questi organismi in schemi, similmente a quanto si è fatto per le forme strutturalmente superiori di cui restano, peraltro, evidenti testimonianze fossili.

La tassonomia batterica è perciò più uno schema utile per la loro identificazione che una classificazione vera e propria. Un esempio per tutti può essere quello del genere *Pseudomonas*, che riunisce tutte le forme aventi flagelli in posizione polare. Nuovi metodi sono allo studio e già in via di applicazione grazie all'intervento dei computers.

Lo schema che segue (ricavato in gran parte dal trattato di Botanica del CAPPELLETTI C., 1967) è quindi da considerare solo come una presentazione di tutti i Batteri che sono presenti nel suolo in vari raggruppamenti e che quindi possono interessare anche l'ambiente di grotta. A qualcuno tale tipo di classificazione sembrerà sorpassata, ma ricordo che a tutt'oggi non vi sono, in merito, proposte più complete e conclusive (1).

* * *

Phylum: SCHIZOPYTA

Ord. 1°) EUBACTERIALES: cellule distinte; non filamentose.

Sottord. 1°) EUBACTERIINALES: cell. non fotosint.; non peduncolate; non accum. S.

Fam. 1°) NITROBACTERIACEAE: energia da: H, CH₄, S, NH₃; autotrofi.
Habitat: Acqua, suolo; non parassiti.

(1) Le Specie citate sono soltanto alcune tra le centinaia esistenti in natura, hanno cioè un significato puramente indicativo, chiarificatore, per una migliore comprensione del testo.

Tribù a) Nitrobacteriae.

Gen.: Nitrosomonas (= mobile; NH_3 ossida a Nitriti)

Nitrobacter (= immobile; Nitriti ossida a Nitrati)

Tribù b) Protobacterieae

Gen.: Hydrogenomonas (= corti bacilli; H transf. in Acqua)

Methanomonas (= corti bacilli; CH_4 transf. in Acqua e CO_2)

Tribù c) Thiobacillae

Gen.: Thiobacillus

Specie: Th. thioparus (= ossid. Solfuri e Tiosolfati a S e Solfati)

Fam. 2°) PSEUDOMONADACEAE: bacilli dritti o a spirale; energia da carboidrati mobili; gram —; prod. pigmenti; Habitat: Acqua, Suolo, Parassita.

Tribù a) Pseudomonadeae

Gen.: Pseudomonas

Specie: P. aeruginosa, P. fluorescens (= pigmenti verdi-blu, es. piocianina)

Gen.: Xantomonas (= pigmenti gialli)

Acetobacter

Specie: A. aceti (= aerobio obbl.; da Alcool Etilico ossid. a Ac. Acetico; madre

Tribù b) Spirilleae

Gen.: Cellvibrio

Specie: G. viridis spirillum (= prod. pigm.; cellulitico aerobio; in Acqua)

Gen.: Aeromonas (= in Acqua e suolo)

Plesiomonas (= in Acqua e suolo)

Desulfovibrio

Specie: D. desulfuricans (= azotofissatore; chemiosintetico; riduz. Solfati)

Gen.: Vibrio

Specie: V. comma (= parassita, causa il colera)

Fam. 3°) AZOTOBACTERIACEAE: a cocco; energia da carboidrati; possono fissare N_2 da aria; Habitat: Suolo.

Gen.: Azotobacter

Specie: A. chroococcum (= azotofissatore; assimilano azoto)

A. vinelandii (= azotofissatore; assimilano azoto)

Fam. 4°) RHIZOBIACEAE (= gram —; Habitat: Acqua, Suolo, Saprofita intestinale vertebrati)

Gen.: Rhizobium

Specie: R. leguminosarum (= azotofiss. in simbiosi con leguminose)

Gen.: Chromobacterium

Specie: C. violaceum (= in Acqua; prod. pigmento viola)

Gen.: Alcaligenes

Specie: A. foecalis (= Suolo e feci; in Acqua è indice di inquinamento!)

Fam. 5°) MICROCOCCACEAE (= a cocco; in tetradi; immobili; gram +; aerobi e non)
Habitat: in Acqua, parassiti di animali e Uomo

Gen.: Micrococcus

Specie: M. acidi lattici (= nel latte)
M. aurantiacus (= cromogeno; in ammassi)
M. ureae (= in urine fermentate; ureasi)

Gen.: Staphylococcus

Specie: S. aureus (= patogeno; trasf. Nitriti a Nitrati per riduz.)
S. albus (= saprofita su vertebrati)

Gen.: Graffkya (= parassita su animali; forma tetradi)

Gen.: Sarcina

Specie: S. lutea (= pigmento giallo; in Acqua)
S. methanica (= da Acetati e Butirradi prod. CH₄)

Fam. 6°) NEISSERIACEE (= cell. appaiate a « chicco di caffè »; gram —; microaerofili;
Habitat: parassiti, saprofiti, Acqua, Suolo)

Gen.: Acinetobacter (= ubiquitario)

Gen.: Neisseria

Specie: N. gonorrhoeae, N. meningitidis (= patogeni per Uomo)

Gen.: Moraxella (= di interesse medico)

Fam. 7°) LACTOBACTERIACEAE (= a catenella; gram +; microaerof.;
Habitat: parassiti)

Tribù a) Streptococceae

Gen.: Diplococcus

Specie: D. pneumoniae (patogeno)

Gen.: Streptococcus

Specie: S.B emolitico (= patogeno)
S. foecalis (= parass. anim.; in Acqua = inquinamento fecale!)

Tribù b) Lactobacilleae

Gen.: Lactobacillus

Specie: L. bulgaricus (= trasf. Glucidi in Ac. Lattico; coagula il latte = Yogurt)

Fam. 8°) ENTEROBACTERIACEAE (= gram —; diffusi in Nat.; bacilli; ferm. Carboidrati; riducono Nitriti a Nitrati; non sporigeni; Habitat: Parassiti, alcuni nei foraggi e Acqua)

Tribù: a) Escherichieae

Gen.: Escherichia

Specie: E. coli (= saprofita intest.; in Acqua = inquinamento fecale!)

Gen.: Aërobacter

Specie: *A. aerogenes* (= fluidifica la gelatina; nei foraggi; azotofissatore; suolo)

Gen.: *Klebsiella*

Specie: *K. pneumoniae* (= caps. mucosa; saprofita o parass.; azotofiss. sul suolo)

Tribù: b) *Erwineae*

Specie: *E. carotovora* (= parass. su vegetali, es. = marciume della carota)

Tribù: c) *Serrateae*

Gen.: *Serratia*

Specie: *S. marcescens* (= coag. latte; pigmento rosso = prodigiosina; Acqua, farina)

Tribù: d) *Proteae*

Gen.: *Proteus*

Specie: *P. vulgaris* (= fluid. gelat.; saprofita intestinale; in Acqua = inquin.!)
P. hydrophylus (= in Acqua)

Tribù: e) *Salmonelleae*

Gen.: *Salmonella*

Specie: *S. enteritidis* (= patogena; in acqua = inquinamento fecale!)

Gen.: *Shigella*

Specie: *S. dysenteriae* (= patogena; in acqua = inquinamento fecale!)

Specie: *S. dysenteriae* (= patogena; in acqua = inquinamento fecale!)

Fam. 9°) *PARVOBACTERIACEAE* (= gram —; Habitat: parass. anim. e veg.)

Tribù: a) *Pasteurelleae*

Gen.: *Pasteurella* (= parassita Uomo, uccelli)

Tribù: b) *Brucelleae*

Gen.: *Brucella*

Specie: *B. melitensis*, *B. abortus* (= tutte parassite di Uomo e animali)

Tribù: c) *Hemophyleae*

Gen.: *Hemophylus*

Specie: *H. influenzae* (= parassita, microaerofilo esigente)

Fam. 10°) *BACILLACEAE* (= a bacillo; complesso metabol.; Habitat: Acqua, Suolo e Parassiti.)

Gen.: *Bacillus* (= con endospore)

Specie: *B. subtilis* (= aerobio; amilolitico; su sost. org. in putrefazione)

B. ruber e *B. gracilis* (= in Acqua); *B. megatherium* e *B. mesentericus*
(= H₂O)

Gen.: *Clostridium*

Specie: *C. butyricum* (= anaerobio; cellulotico; in Humus e foraggi)

C. pasteurianum (= azotofissatore); *C. sporogenes* (= in sost. proteic.)

C. botulinum (= patogeno = Botulismo!);

C. tetani (= patogeno, Tetano!); nelle feci degli erbivori.

Fam. 2°) BACTERIACEAE (= ancora in studio; no endospore; Habitat:
Acqua, Suolo)

Gen.: Cellulomonas (= cellulolitico; azotofissatore)
Flavobacterium (= Acqua e suolo; può essere patog.; ossida i carboidrati)
Arthrobacter (= azotofissatore; diff. in Natura)
Microbacterium e Achromobacter (= non hanno un ben definito habitat)

* * *

Sottord. 2°) CAULOBACTERIINALES (= peduncolate; accum. idrati di Fe;
no fotosint.; Habitat: Acqua)

Fam.: 1°) NEVSKIACEAE

Gen.: 2°) Nevskia (= in Acqua; nei tini da Zuccheri; masse zoogliche)

Fam.: 2°) GALLIONELLACEAE (= ferrobatteri; autotrofi; Habitat: Acqua
con Fe)

Gen.: Gallionella (= peduncul.; dicotomici; ramif. di Fe; in tubazioni e Acqua)

Fam.: 3°) CAULOBACTERIACEAE (= habitat: Acqua)

Gen.: Caulobacter (= epifiti su superfici sommerse)

Fam.: 4°) SIDEROCAPSACEAE (= habitat acqua)

Gen.: Siderocapsa, Sideromonas (= no peduncolo; sessili su piante in Acqua)

Sottord. 3°) RHODOBACTERIINALES (= autotrofe; pigm. fotosint.; hanno
S; Habitat: Acqua e suolo).

Fam.: 1°) THIORHODACEAE (= solfobatteri; pigm. batterioporporina)

Tribù: a) Thiocapsee

Gen.: Thiocapsa

Specie: T. violacea (= cell. in colonie gelatinose; color rosso)

Tribù: b) Thiopediaeae

Gen.: Thioderma (= in Acqua)

Specie: T. rosea (= colonie a piastra; cell. sferiche rosa)

Tribù: c) Lamprocystee

Gen.: Lamprocystis

Specie: L. roseo persicina (= colonie reticolari con granuli di S; Acqua)

Tribù: d) Amoebobacteriaceae

Gen.: Amoebobacter

Specie: A. roseum (= con mov. ameboide; mobili; solfobatteri)

Tribù: d) Chromatieae

Gen.: Cromatium (= a cell. singole con zoospore e granuli di S; acqua)

Fam. 2°) ATHIORHODACEAE (= no grani di S; colonie; batterioporfirina;
Habitat: acqua)

Gen.: Rhodonostoc

Specie: R. capsulatum (= cell. in gelatina; in nastri)

Gen.: Rhodospirillum

Specie: *R. rubrum* (= a spirillo; mobile)

Fam.: 3°) CHLOROBACTERIACEAE (= hanno batterioclorofilla e S;
Habitat: suolo)

Gen.: *Chlorobium*

Specie: *C. limicola* (= fotosintetici; su fanghi ricchi di sost. org.)

Ord. II°) ACTINOMYCETALES (= cell. a filamento tipo micelio; conidi;
gram +; aerobi immobili; svil. lento in vitro;
Habitat: parassiti, suolo e acqua)

Fam.: 1°) MYCOBACTERIACEAE (= filam. sottili; ramificati; Habitat: pa-
rassiti, suolo)

Gen.: *Corynebacterium*

Specie: *C. difteriae* (= patogeno = difterite)

Gen.: *Mycobacterium*

Specie: *M. tuberculosis* (= agente di Tuberculosis, micelio)

M. leprae (= agente di lebbra, micelio)

M. phlei (= nel suolo, in letame)

Gen.: *Mycococcus* (= cocchi mesofili, suolo)

Fam. 2°) ACTINOMYCETACEAE (= bastoncini ramificati; conidi; Habitat:
Suolo)

Gen.: *Actinomyces*

Specie: *A. bovis* (= parassita del bovino = actinomicetosi)

A. cellulosa (= attacca la cellulosa)

Gen.: *Nocardia* (= comune nel suolo)

Fam. 3°) STREPTOMYCETACEAE (= filamenti ramif.; conidi;
Habitat: Suolo)

Gen.: *Streptomyces*

Specie: *S. griseus* (= saprofito del suolo assai diffuso; fa l'odor di terra)

Ord. III°) CHLAMYDOBACTERIALES (= cell. filif. tipo « Alghe »; guaine
con idrato-F: Habitat: Acqua)

Fam. 1°) CHLAMYDOBACTERIACEAE (= filamenti; Ferrobatteri; Habitat:
Acqua)

Gen.: *Sphaerolitus*

Specie: *S. dichotomus* (= acque sporche; ciuffi mucillagginosi su alghe o legni)

S. natans (= in Acque stagnanti)

Gen.: *Clonothrix*

Specie: *C. fusca* (= guaine incrostate di Fe ed Mn)

Gen.: *Leptothrix* (= filam. che danno all'Acqua un color ruggine)

Gen.: *Crenothrix* (= forma cenobi con base di sali di Fe; in tubi dell'Acqua)

Fam.: 2°) BEGGIATOACEAE (= filam. oscillanti; granuli di S; Solfobatteri
filam.; Habitat: Acqua).

Gen.: *Thiothrix*

Specie: *T. nives* (= in sorgenti termali)

Gen.: *Beggiatoa*

Specie: *B. alba* (= acqua)

Fam.: 3°) ACHROMATIACEAE (= in acqua; cell. mobili con grani di S o Ossalati)

Ord. IV°) MYXOBACTERIALES (= simili a pseudoplasmodi; cell. si muovono; cellulolitici; Habitat: suolo; r.v.)

Fam.: 1°) ARCHANGIACEAE (= pseudoplasmodi colonnari; Habitat: Suolo)

Gen.: *Archangium* (= cell. a bastone in muco molle)

Gen.: *Stelangium* (= corpi fruttiferi colonnari)

Fam.: 2°) POLYANGIACEAE (= suolo)

Gen.: *Polyangium* (= peduncolo con cisti; color giallo)

Fam.: 3°) MYXOCOCCACEAE (= hab. suolo)

Gen.: *Myxococcus* (= prod. spore dalle cisti)

Gen.: *Chondrococcus* (= prod. spore dalle cisti)

Gen.: *Sorangium* (= prod. spore dalle cisti)

Ord. V°) SPIROCHAETALES (= cell. a spirale; Habitat: Acqua, Suolo, Parassiti)

Fam.: 1°) SPIROCHAETACEAE (= cell. a elica; gram —; mobili; divis. trasversale)

Gen.: *Spirochaeta*

Specie: *S. plicatilis* (= non parassita; in acque luride)

Gen.: *Borellia* (= parassita; ospite: Artropodi)

Gen.: *Treponema*

Specie: *T. pallidum* (= parassita; agente della Sifilide)

Gen.: *Leptospira*

Specie: *L. icterohaemorrhagiae* (= parassita; agente della Leptospirosi)

ELENCO DI ALCUNE DITTE FORNITRICI DI MATERIALI PER « MICROBIOLOGIA »

SCLAVO I.S.V.T. SpA - *Terreni sterili pronti e reagenti*

Via Fiorentina, 1 - 53100 SIENA

Tel. 0577/51051

L P Italiana SpA - *Contenitori in plastica*

Via C. Reale, 15/4 - 20157 MILANO

Tel. 02/3764646

LABOINDUSTRIA SpA - *Contenitori in plastica*
Via Romea, 29/c - 35020 Legnaro - PADOVA
Tel. 049/641693

ROCHE Div. diagnostici SpA - *Urotube, Enterotube II, Oxiferm*
Piazza Durante, 11 - 20131 MILANO
Tel. 02/2884

BECTON DICKINSON Italia SpA - *Minithek, Terreni disidratati, reagenti ecc.*
Via Caldera, 21 - 20153 MILANO
Tel. 02/4524751

CARLO ERBA Div. CHIMICA - *Materiali per lab. (= anse, Bunsen, vetreria)*
Via C. Imbonati, 20 - 20159 MILANO

Si consiglia di richiedere i rispettivi Listini con relativi prezzi.

BIBLIOGRAFIA

- AMATI A., GUALANDI C., 1934 - *La microflora di alcune acque cavernicole del sottosuolo bolognese* - Rivista di Fisica Matematica e Scienze Naturali VIII (9): 28.
- CAPPELETTI C., 1967 - *Trattato di botanica* - U.T.E.T.
- FLORENZANO G., 1972 - *Elementi di microbiologia del terreno* - Manuale di Agraria, edit. R.E.D.A. (Roma).
- GIORDANO A., 1968 - *Microbiologia del suolo* - Agraria - Enciclopedia delle Scienze De Agostini (Novara).
- ISTITUTO SUPERIORE DELLA SANITÀ, 1977-78 - *L'analisi batteriologica delle acque* - (Roma).
- LA PLACA M., 1974 - *Principi di microbiologia medica* - Ed. Tinarelli (Bologna).
- LIDDO S., 1951 - *Ricerche batteriologiche nell'aria delle Grotte di Castellana* - Bollettino della Società Italiana Biologia Sperimentale XXVII.
- LINDAHL K. C., 1974 - *Conservare per sopravvivere* - Ed. Rizzoli.
- PASQUINELLI F., 1971 - *Manuale per tecnici di laboratorio* - Ed. Rosini (Firenze).
- VANDEL A., 1964 - *Biospéologie* - Ed. Gauthier-Villars (Paris).
- WOESE C. R., 1981 - *Gli Archibatteri* - Le Scienze (Sc. Amer.) (156).

DISCUSSIONE

ARRIGO CIGNA: Ricordo di aver notato, nel corso di una esplorazione all'Antro del Corchia, che delle abrasioni superficiali provocate da una caduta si sono cicatrizzate molto bene senza traccia di infezione, nonostante la presenza di fango sulla cicatrice.

GIUSEPPE RIVALTA: Invece nel bolognese si notano più spesso possibilità di infezioni: l'ambiente sotterraneo cioè non appare sterile.

PAOLO FORTI (*)

L'EVOLUZIONE DELLE PISOLITI

RIASSUNTO - Recenti studi hanno mostrato come l'esistenza di ooliti di dimensioni fino a pochi micron di diametro non sia assolutamente straordinaria, ma anzi abbastanza comune.

Contemporaneamente è stato evidenziato come all'interno di una stessa vaschetta esista un rapporto lineare tra la superficie delle pisoliti ed il loro numero, e inoltre vi sia un andamento costante nella distribuzione statistica delle dimensioni dei nuclei in relazione all'energia della vaschetta stessa.

In base a tutte queste osservazioni sperimentali, è stato possibile elaborare una teoria generale sull'evoluzione delle pisoliti, le cui dimensioni massime e minime dipendono esclusivamente dalle caratteristiche energetiche dell'acqua all'interno della vaschetta in cui esse si stanno formando.

ABSTRACT - Papers recently showed that the existence of oolithes of few microns in diameter is not to be considered uncommon but quite normal inside the caves.

At the same time it has been seen that, inside the same cup, a linear relationship between the pearls surface and their number does exist; moreover in the statistical distribution of the nuclei dimensions there is a constant trend related to the water energy inside the cup.

In the present paper, starting from these experimental observations, the author puts forth a general theory on the evolution of cave pearls, whose maximum and minimum diameters depend only on the water stiffness inside the cup.

INTRODUZIONE

La scoperta fatta in Sardegna di un elevatissimo numero di pisoliti di aragonite all'interno di alcune gallerie di miniera (P. FORTI, M. FABBRI, 1981; P. FORTI, G. PERNA, 1982) aveva permesso di iniziare una lunga serie di analisi statistiche, che da un lato avevano mostrato l'esistenza di una relazione tra il numero di pisoliti presenti e la loro superficie e dall'altro avevano, per la prima volta, evidenziato l'esistenza di ooliti del diametro di pochi micron.

(*) Istituto Italiano di Speleologia - Via Zamboni, 67 - 40127 Bologna.

Dopo queste prime osservazioni, lo stesso tipo di indagine è stato esteso su tutto il territorio nazionale per appurare se i risultati ottenuti nel caso delle pisoliti di aragonite sarde fossero validi solo in quell'ambiente speleogenetico o dovessero invece ritenersi del tutto normali e generali.

Studi furono quindi condotti sul Buco del Castello in Lombardia (P. FORTI, A. BINI, 1981), cavità carsica del tutto normale, ed i risultati che si ottennero furono uguali: esistenza di ooliti molto piccole (< 20 micron) e analoga relazione tra numero di pisoliti presenti e loro superficie.

Successivamente vennero analizzate famiglie di pisoliti provenienti dalla grotta di Predappio Alta in Romagna ed anche in questo caso i risultati, che vengono qui riportati per la prima volta, furono coerenti con i precedenti.

La costanza dei risultati ottenuti su campioni di pisoliti provenienti da grotte diversissime sia morfologicamente che idrologicamente portava a supporre l'esistenza di una legge generale in grado di regolare l'evoluzione delle pisoliti in un qualunque ambiente.

D'altro canto l'analisi statistica delle dimensioni massime dei nuclei delle pisoliti provenienti dal Buco del Castello (P. FORTI, A. BINI, 1981) aveva mostrato come la dimensione media dei nuclei fosse in un certo rapporto con le dimensioni minime delle pisoliti presenti in ciascuna vaschetta.

Un analogo studio, fatto sulle pisoliti della Buca del Vasaio di Motrone (P. FORTI, M. L. GARBERI, 1982) portava ancora ad evidenziare l'esistenza di un rapporto tra diametro medio dei nuclei e minima classe granulometrica delle pisoliti: infatti anche in questo caso la dimensione più frequente per i nuclei era praticamente analoga o di poco inferiore a quella delle pisoliti più piccole.

Nel presente lavoro, partendo dalla discussione di questi dati sperimentali, si giunge ad enunciare una teoria generale in grado di giustificarli e che fornisce una interpretazione dell'evoluzione delle pisoliti dalla genesi al loro massimo sviluppo possibile, basata su un unico fattore: l'energia cinetica posseduta dall'acqua all'interno della singola vaschetta.

OSSERVAZIONI SPERIMENTALI

In tutti i casi in cui sono state osservate pisoliti molto piccole, il loro numero era sempre estremamente elevato e cresceva in modo costante al diminuire della loro superficie.

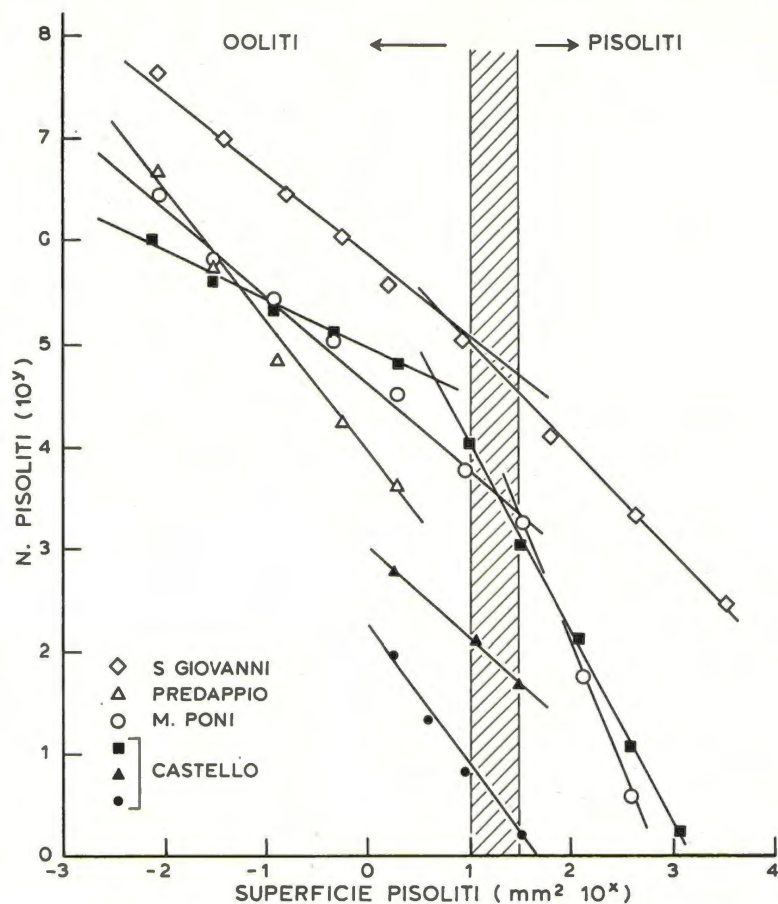


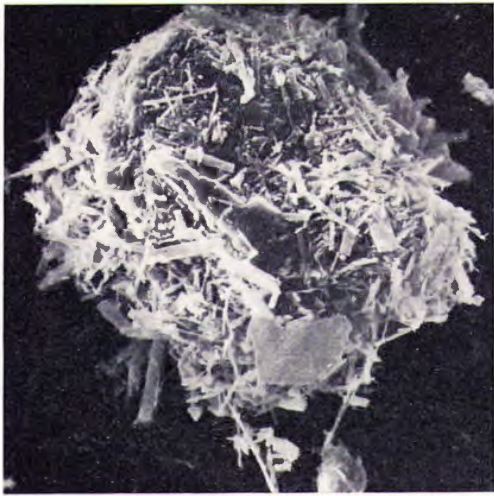
Fig. 1 - Diagrammi relativi al rapporto frequenza/superficie per famiglie differenti di pisoliti: si noti come molte rette presentino un flesso attorno al valore limite pisoliti-ooliti.

Gli istogrammi relativi alla distribuzione di frequenza delle pisoliti, delle varie grotte considerate, in funzione della loro superficie esterna sono riportati in fig. 1.

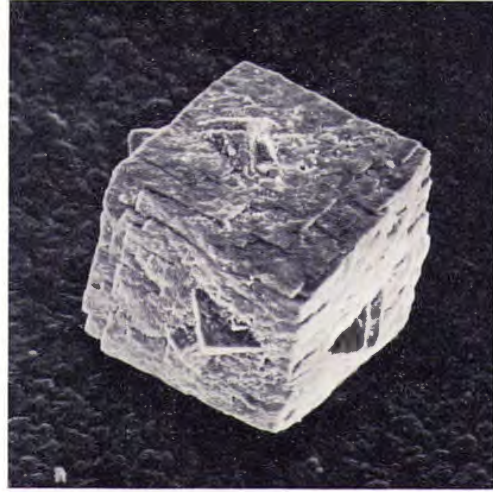
Nonostante gli ambienti genetici siano molto differenti (v. Foto 1-2-3) l'andamento dei grafici è praticamente sempre costante e porta ad una dipendenza lineare tra i logaritmi che può esser espressa come:

$$\text{Log } N = -K \cdot \text{Log } S$$

ove il valore di K, che ovviamente varia da grotta a grotta e da vaschetta a vaschetta, è quello da cui dipende la velocità nella caduta del numero di pisoliti al crescere della loro superficie.



1



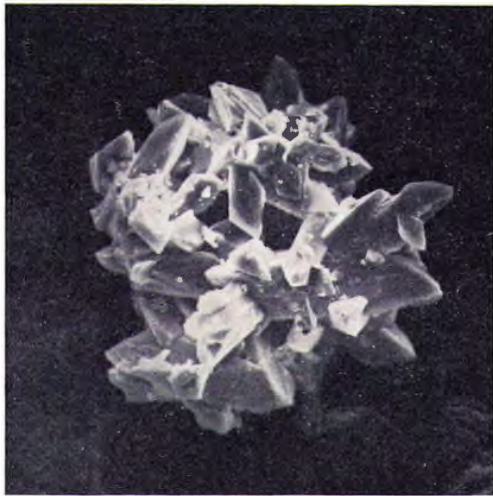
2

Foto 1 - Oolite di aragonite di circa 20 micron proveniente dalla Miniera di Monteponi (foto al microscopio elettronico di P. Ferrieri).

Foto 2 - Oolite macrocristallina di calcite proveniente dal Buco del Forgnone in Lombardia: dimensioni circa 35 micron (foto al microscopio elettronico di P. Ferrieri).

Foto 3 - Oolite di calcite della grotta di Predappio, dimensioni circa 15 micron (foto al microscopio elettronico di P. Ferrieri).

3



Esiste poi un intervallo, attorno ai due millimetri di diametro, in cui si osserva una brusca inclinazione delle rette, dovuta ad una variazione del valore di K : è da notare che tale discontinuità cade esattamente nella zona in cui è stato posto, convenzionalmente, il passaggio da ooliti a pisoliti.

Passando quindi a considerare il rapporto esistente tra la dimensione media dei nuclei di concrezionamento e la dimensione minima delle pisoliti di una data vaschetta (v. fig. 2), si può notare come vi sia sempre una ben determinata dimensione per cui si ha un massimo di nuclei, il cui numero diminuisce in maniera rapidissima sia all'aumentare sia al diminuire del

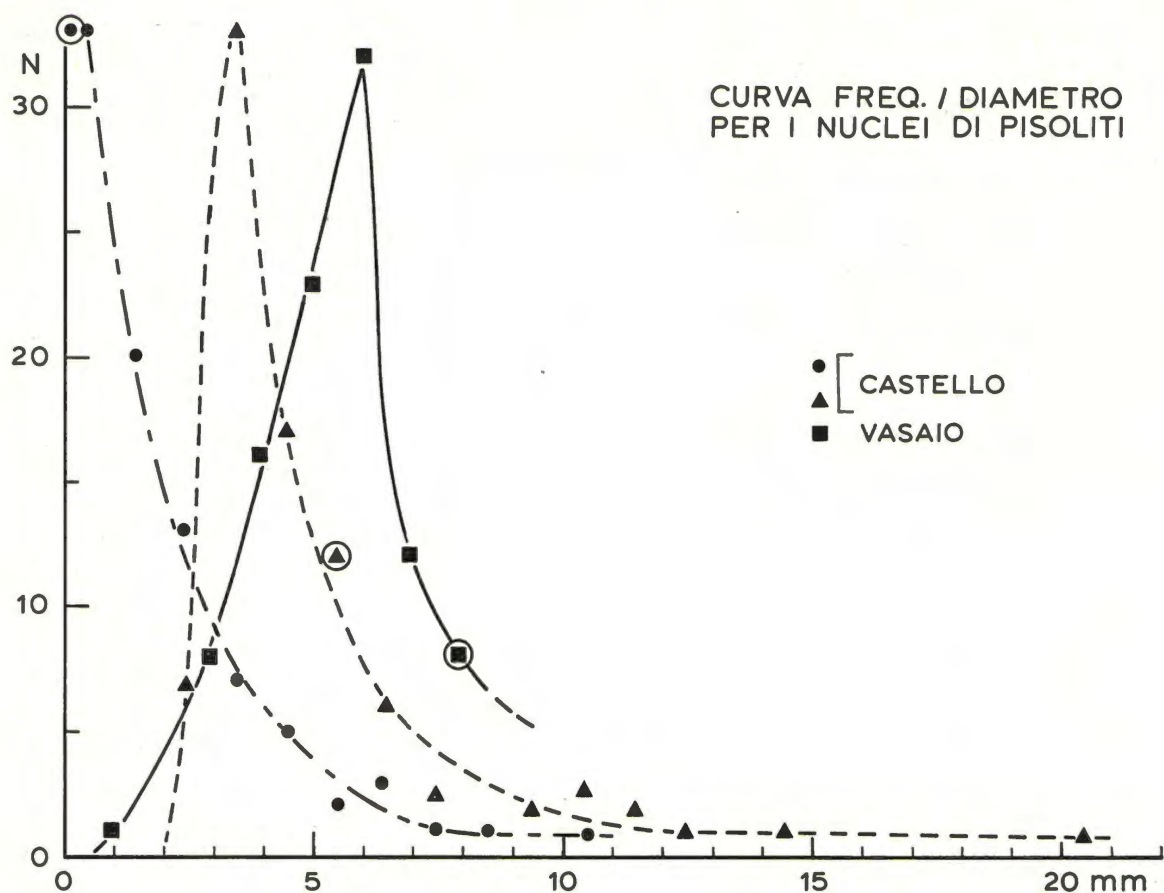


Fig. 2 - Curve frequenza/diametro relative ai nuclei delle pisoliti di tre differenti vaschette: il simbolo cerchiato indica il diametro minimo per ogni famiglia di pisoliti.

diametro stesso. Inoltre tale valore del diametro è praticamente coincidente (di solito poco inferiore) a quello minimo delle pisoliti osservate nella vaschetta stessa.

Da ultimo è stato evidenziato (P. FORTI e M. L. GARBERI, 1982) come le pisoliti più grosse si trovino sempre sotto cascate d'acqua abbastanza alte o comunque violente, mentre nelle vaschette più riparate vengono normalmente rinvenute solo pisoliti di classi granulometriche più piccole.

DISCUSSIONE

Il rinvenimento di pisoliti piccolissime in condizioni assai differenti dimostra come queste ultime, in assenza di agenti perturbatori, siano geneticamente favorite rispetto a quelle di diametro superiore.

Questo fatto è del tutto logico dal punto di vista chimico-fisico: infatti la genesi e l'evoluzione delle pisoliti è teoricamente governata solamente dal grado di sovrasaturazione delle acque madri, che debbono fornire il materiale per la costruzione delle pisoliti stesse.

È noto che solamente soluzioni notevolmente sovrasature e quindi molto concrezionanti possono dare luogo alla formazione di pisoliti, il cui processo genetico è sempre relativamente molto rapido.

Ma il grado di sovrasaturazione, oltre a rendere possibile la genesi delle pisoliti, influenza in maniera determinante i meccanismi, tra loro competitivi, della nucleazione e dell'accrescimento: maggiore è la sovrasaturazione più risulta favorita la nucleazione, cioè a dire la genesi di nuove pisoliti rispetto all'accrescimento di quelle vecchie.

In conclusione, tutte le volte che in una vaschetta non possono esser asportati in nessun modo i nuclei di deposizione più piccoli e le pisoliti minori, queste aumentano di numero in maniera elevatissima, sottraendo il materiale disponibile a quelle più grandi, fino ad impedirne praticamente lo sviluppo: matematicamente il limite superiore nelle dimensioni delle pisoliti è fornito, per ogni singola vaschetta, dall'intercetta sulle ordinate della retta N/S di fig. 1.

Il rapporto nucleazione/accrescimento è quello che determina la maggiore o minore inclinazione delle rette di fig. 1 ed è quindi numericamente espresso dalla K nell'espressione logaritmica.

Un esempio di vaschetta, anche se del tutto particolare, in cui tali condizioni sono del tutto verificate è fornito in natura dal mare: infatti nel mare non è possibile che sfuggano i nuclei di deposizione così come le pisoliti più piccole, e infatti nel mare si formano esclusivamente ooliti che non superano mai in diametro i 2-3 millimetri, tanto che questa dimensione è stata scelta convenzionalmente per distinguere le pisoliti dalle ooliti.

Tranne pochi casi, però, le condizioni delle vaschette all'interno delle grotte non sono assimilabili a quelle del mare per cui è molto più raro che vi si rinvenzano pisoliti piccolissime.

La differenza fondamentale tra il mare e le vaschette di grotta è che da queste ultime possono facilmente venir asportati i nuclei e le pisoliti più piccole. Nelle vaschette di grotta, infatti, esiste sempre un certo grado di turbolenza, che normalmente impedisce ai nuclei di deposizione più

piccoli di stazionare all'interno della vaschetta stessa per un tempo sufficiente a venir concrezionati e, qualora anche questo accadesse, le pisoliti più piccole verrebbero, a loro volta, portate via.

Quindi il limite inferiore per le dimensioni delle pisoliti di una vaschetta risulta esser determinato dall'energia cinetica (turbolenza) dell'acqua nella vaschetta. Tale ipotesi è avvalorata dal fatto che, nei tre casi analizzati (v. fig. 2), le dimensioni medie dei nuclei sono sempre dello stesso ordine di grandezza delle pisoliti più piccole, indicando così come l'esistenza o meno di nuclei o pisoliti di una certa classe granulometrica dipenda sempre dallo stesso fattore: la loro massa in relazione all'energia cinetica dell'acqua.

Per quanto detto, in ogni vaschetta di grotta troveremo sempre pisoliti col diametro minimo possibile in funzione dell'energia dell'acqua che alimenta la vaschetta stessa.

Unica eccezione, davvero poco probabile, potrebbe aversi solamente nel caso che l'energia dell'acqua sia variata da un tempo non sufficientemente lungo da permettere l'instaurarsi del nuovo equilibrio: in questo caso, e solo in questo, potrebbero non trovarsi presenti elementi con il diametro minimo oppure anche esservi elementi con un diametro inferiore a quello minimo.

Passando ora a considerare il problema del limite superiore dei diametri delle pisoliti di una vaschetta, si può osservare immediatamente che tale limite dipende praticamente da molti più fattori contingenti che non quello minimo.

Tra questi possiamo citare il tempo di stazionamento delle pisoliti all'interno della vaschetta, che può non esser stato sufficiente a far sì che queste ultime si sviluppassero fino a raggiungere il diametro massimo possibile, e ancora il numero delle pisoliti presenti, che intralciandosi a vicenda possono impedire agli elementi più grossi di continuare ad accrescersi.

Ma se astraiano da questi motivi contingenti e del tutto non generali si vede che esiste un unico parametro che in linea teorica può influire sulla dimensione massima delle pisoliti: l'energia cinetica dell'acqua che alimenta la vaschetta. Infatti è l'energia cinetica dell'acqua che, causando una certa vibrazione delle pisoliti, impedisce che si saldino al pavimento.

Poichè una data turbolenza potrà permettere la vibrazione solamente di pisoliti non superiori ad una ben definita massa, il diametro massimo teoricamente possibile all'interno di una vaschetta sarà definito dall'energia cinetica posseduta dall'acqua al suo interno.

Tale ipotesi è avvalorata dalle osservazioni, condotte in molte grotte ove le pisoliti più grandi si rinvennero sempre sotto cadute d'acqua abbastanza elevate (P. FORTI e M. L. GARBERI, 1982; A. PAVANELLO, 1972).

A differenza del diametro minimo, però, il diametro massimo ben difficilmente si troverà all'interno delle vaschette di grotta e questo perchè, come abbiamo accennato sopra, moltissimi fattori locali influenzano in maniera molto forte lo sviluppo delle pisoliti, sino ad impedirne praticamente la crescita ben prima che si giunga al valore teorico massimo.

Partendo da quanto detto fino ad ora, l'evoluzione delle pisoliti in funzione dell'energia cinetica dell'acqua è schematizzato in fig. 3: le linee tratteggiate indicano i diametri che teoricamente potrebbero trovarsi ma che non è detto siano presenti.

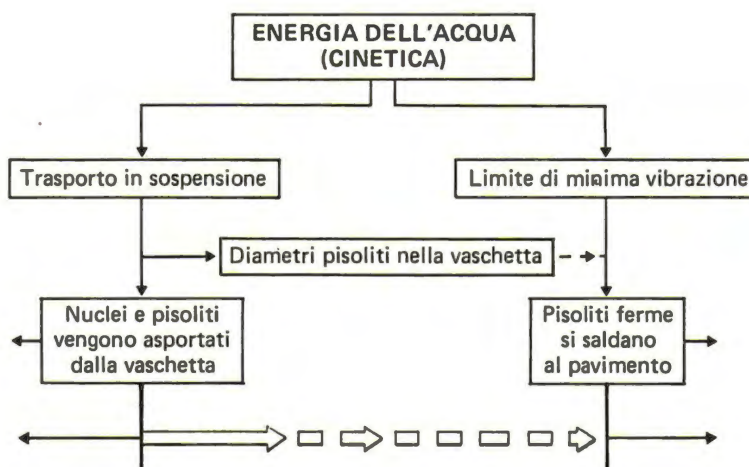


Fig. 3 - Schema evolutivo dei diametri delle pisoliti in funzione dell'energia cinetica dell'acqua all'interno della vaschetta. La freccia tratteggiata indica i diametri teoricamente possibili ma non necessariamente presenti nella vaschetta.

CONCLUSIONI

Partendo da osservazioni sperimentali condotte in condizioni varie e differenti, si è visto come dal punto di vista esclusivamente chimico-fisico l'evoluzione delle pisoliti segua una legge esponenziale che porta a definire,

in funzione del rapporto nucleazione/accrescimento, un limite massimo alle dimensioni delle pisoliti stesse, che di norma è assai minore dei diametri medi verificati in grotta.

Nei grafici riportati, però, esiste quasi sempre un flesso attorno alla dimensione convenzionalmente scelta per differenziare le ooliti dalle pisoliti, per cui non è stata ancora trovata una spiegazione del tutto esauriente, anche se si è propensi a credere che la maggiore inclinazione della retta per valori superiori di superficie derivi da una carenza di nuclei di deposizione idonei, rispetto a quelli esistenti per le classi granulometriche più basse.

I dati sperimentali hanno inoltre indicato come il fattore discriminante per le dimensioni massime e minime delle pisoliti di una data vaschetta sia l'energia posseduta dall'acqua.

Per cui le pisoliti « minime », che, a differenza di quelle « massime », sono sempre presenti all'interno della vaschetta, forniscono un indice dell'energia stessa dell'acqua.

A proposito di questa energia, bisogna chiarire che essa va intesa non come energia media ma « di punta », cioè la massima energia che può avere l'acqua della vaschetta nell'arco dell'anno.

E questo perchè è sufficiente una singola volta sia per asportare i nuclei e le pisoliti più piccole sia anche per far vibrare le pisoliti più grandi in maniera sufficiente ad impedire che si saldino al pavimento.

BIBLIOGRAFIA

- FORTI P. e BINI A., 1981 - *Analisi statistica delle pisoliti della grotta « Buco del Castello »*. Atti Conv. Spel. Reg. Lombardia: in stampa.
- FORTI P. e FABBRI M., 1981 - *Recenti esplorazioni speleologiche nell'Iglesiente (Sardegna Sud-Occidentale)*. Sottoterra 57.
- FORTI P. e GARBERI M. L., 1982 - *Le pisoliti della Buca del Vasaio di Motrone e l'ipotesi del minimo e massimo diametro possibile*. Sottoterra 59.
- FORTI P. e PERNA G., 1982 - *Studio morfologico e genetico delle pisoliti di aragonite rinvenute in due gallerie minerarie presso Iglesias (Sardegna SW)*. Atti XIV Congr. Naz. Spel.: in stampa.
- PAVANELLO A., 1972 - *La grotta delle Pisoliti, Croara (Bologna)*. Spel. Em. 2, 4 (7): 55-62.

La Commissione Nazionale Scuole di Speleologia
della Società Speleologica Italiana
e la Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia
e Romagna
hanno organizzato il

3° Corso di II° Livello - 1983 (regionale)

Programma:

- Sab. 3.XII. h 15 - Genesi e morfologia delle cavità in rocce non carbonatiche
- Sab. 3.XII. h 17 - Le moderne teorie speleogenetiche
- Sab. 10.XII. h 15 - Le concrezioni semplici
- Sab. 10.XII. h 17 - Principali teorie sulla genesi dei depositi evaporitici
- Sab. 17.XII. h 15 - Composizione mineralogica ed interpretazione degli interstrati argillosi dei depositi evaporitici Messiniani
- Sab. 17.XII. h 17 - I minerali in grotta

3-10-17 dicembre 1983 presso l'Istituto Italiano di Speleologia -
Biblioteca S.S.I. Bologna

Organizzazione scientifica:

Comm. Naz.le Scuole di Speleologia della S.S.I.

Organizzazione logistica:

Gruppo Speleologico Bolognese C.A.I./S.S.I.
Unione Speleologica Bolognese ARCI/S.S.I.

Per scambio pubblicazioni indirizzare a:

**BIBLIOTECA
DEL GRUPPO SPELEOLOGICO BOLOGNESE
del C.A.I.**

Via dell'Indipendenza, 2 - 40121 BOLOGNA (Italia)



Gli articoli e le note pubblicate impegnano, per contenuto e forma, unicamente gli autori.

Non è consentita la riproduzione di notizie, articoli o di rilievi, nemmeno in parte, senza la preventiva autorizzazione della Segreteria e senza citarne la fonte.

SOTTOTERRA - Rivista quadrimestrale di speleologia del Gruppo Speleologico Bolognese del C.A.I.

Direttore responsabile: Carlo D'Arpe.

Redattori: Massimo Brini, Maurizio Fabbri, Fabrizio Finotelli e Paolo Grimandi.

Autorizzazione del Tribunale di Bologna n. 3085 del 27 febbraio 1964.

Segreteria, Amministrazione e abbonamenti: G.S.B. del C.A.I., Via Indipendenza, 2 - 40121 BOLOGNA - Tel. 234856.

Abbonamento annuo:

L. 4.500 - Una copia L. 2.000 - Estero L. 6.000 - Una copia L. 2.500.

Versamenti su C.C. postale n. 20045407 - Gratuito per le Associazioni Speleologiche Italiane ed Estere con le quali si effettuano scambi di pubblicazioni periodiche.

