

LE BOLLE DI CALCITE: UN NUOVO TIPO DI CONCREZIONE OSSERVATO NELLA GROTTA GRANDE DEI CRIVELLARI (VENA DEL GESSO ROMAGNOLA)

MASSIMO ERCOLANI¹, PAOLO FORTI², KATIA POLETTI³

Riassunto

Recentemente in due grotte della Vena del Gesso Romagnola (Abisso Mornig e Grotta Grande dei Crivellari) sono state osservate un particolare tipo di bolle di calcite: si tratta in assoluto del primo rinvenimento al mondo di questo raro speleotema in grotte in gesso. La loro genesi è, infatti, controllata da particolarissime condizioni ambientali, tra cui è fondamentale la presenza di abbondante materia organica. La loro evoluzione, poi, è controllata da un processo che prevede stadi idrologici successivi che rendono estremamente rara la loro genesi e soprattutto la loro sopravvivenza nel tempo: si tratta, infatti, di concrezioni che hanno un tempo di vita molto breve, che raramente supera i 6 mesi ma che, a volte, può essere addirittura di soli pochi giorni, come è stato effettivamente osservato nella Grotta Grande dei Crivellari. Questo fatto può ben spiegare perché questi speleotemi non erano mai stati osservati sino ad oggi. Questa scoperta mette in evidenza come le grotte in gesso, anche se esplorate e studiate da oltre un secolo, possono ancora risultare un posto interessante per cercare nuove forme di concrezionamento, sfatando così ancora una volta il luogo comune che in generale vuole i fenomeni carsici in gesso poco o pochissimo interessanti dal punto di vista dei depositi chimici ospitati.

Parole chiave: Concrezioni libere, bolle di calcite, grotte in gesso, Monte Tondo, Vena del Gesso romagnola.

Abstract

Recently in two different gypsum caves of the "Vena del Gesso romagnola" (Abisso Mornig and Grotta Grande dei Crivellari) a peculiar type of calcite bubbles has been found for the first time in the world. Its genesis is controlled by strict boundary conditions, among which the presence of organic matter is fundamental. Their evolution is controlled by a complex multistage hydrological process which makes extremely rare their genesis and their survival in time. Moreover Calcite bubbles are a classical ephemeral formation and their life hardly exceeds few weeks: this explains why they were never seen before today. Their discovery puts in evidence that the common belief that gypsum karst has an extremely low interest for its chemical deposits is wrong. In fact gypsum caves, even if explored and studied since a century, may still be considered an interesting place where to search for new speleothems.

Keywords: *Floating Speleothems, Calcite Bubbles, Gypsum Caves, Mt. Tondo, Gypsum outcrop of the "Vena del Gesso romagnola".*

¹ Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia Romagna / Speleo GAM Mezzano - massimoercolani55@gmail.com

² Istituto Italiano di Speleologia, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Via Zamboni 67, 40126 Bologna (BO) - paolo.forti@unibo.it

³ Gruppo Speleologico Faentino - kapoletti@gmail.com

Introduzione

Nell'estate del 2012 in una zona della Grotta Grande dei Crivellari interessata dal flusso perenne del torrente sotterraneo (figg. 1-2) lo Speleo GAM Mezzano aveva notato un masso parzialmente immerso nell'acqua sulla cui parte emersa, ricoperta da fango e crosticine di carbonato di calcio, erano presenti molte concrezioni subsferiche con diametri variabili dal centimetro al millimetro.

Sfortunatamente durante quella escursione non furono fatte foto a queste strane concrezioni e quando, alcune settimane dopo, venne deciso di ritornare per coprire questa lacuna, a seguito di forti piogge, una piena del torrente sotterraneo aveva completamente distrutto questi delicati speleotemi coprendo anche il masso con

un sottile velo di fango.

Questo fatto ha dimostrato che queste concrezioni della Grotta Grande dei Crivellari erano del tutto transeunti potendo esistere solo nel periodo di tempo intercorrente tra una piena e quella successiva.

Il fatto ha voluto però che concrezioni del tutto simili a quelle della Grotta Grande dei Crivellari fossero state notate dal Gruppo Speleologico Faentino (ERCOLANI *et alii* c.s.) anche nell'Abisso Mornig (fig. 3). In questo caso gli speleotemi si erano sviluppati su un masso di gesso che, staccatosi da una parete a seguito di lavoro di allargamento, era precipitato nell'alveo del torrente interno ove era evidentemente stato sommerso dalle piene che lo avevano anche parzialmente corroso e ricoperto da una crosticina giallastra di fango e calcite. Come nel caso della Grotta Grande dei

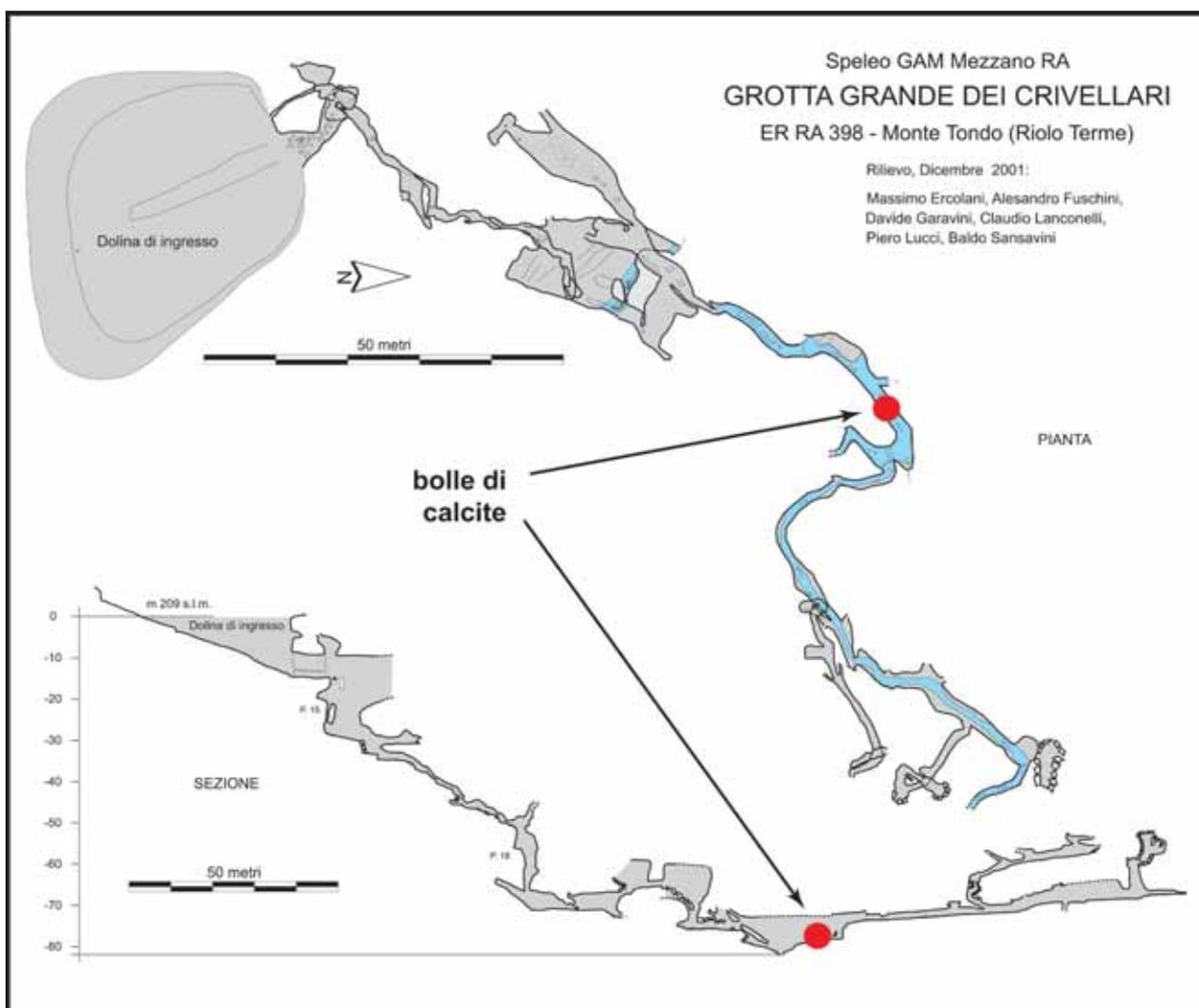


Fig. 1 – Rilievo della Grotta Grande dei Crivellari con indicato il punto in cui sono state osservate le bolle di calcite.



Fig. 2 – Grotta Grande dei Crivellari: l'area lungo il fiume sotterraneo dove si erano formate le bolle di calcite (foto P. Lucci).

Crivellari, però, anche il masso dell'Abisso Mornig per gran parte del tempo rimaneva con la sua parte superiore ben al di sopra delle acque del torrente, che lo sommergevano, per breve tempo, solo durante le piene più intense. In pratica, quindi, i

concrezionamenti di queste due grotte non solo erano uguali dal punto di vista morfologico, ma evidentemente anche da quello genetico evolutivo.

Per poter studiare questi rari e delicati speleotemi il masso dell'Abisso Mornig



Fig. 3 – Abisso Mornig: il masso di gesso, posizionato esattamente in mezzo al fiume sotterraneo, su cui si sono sviluppate le bolle di calcite (foto D. Dal Borgo).

è stato prelevato dalla grotta e studiato presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico Ambientali dell'Università di Bologna.

Nel presente lavoro vengono brevemente richiamati i meccanismi genetici che portano allo sviluppo di analoghe concrezioni nelle grotte in calcare e si descrive anche l'unico caso in cui speleotemi simili sono stati osservati in una grotta in gesso della Calabria. Quindi viene discusso in dettaglio il meccanismo genetico e le condizioni al contorno che hanno permesso l'evoluzione di queste rare concrezioni libere in queste due grotte della Vena del Gesso romagnola.

Le bolle di calcite

Dal punto di vista morfologico le concrezioni dell'Abisso Mornig e della Grotta Grande dei Crivellari sembravano del tutto simili alle "bolle di calcite", uno speleotema

cavo molto raro (HILL, FORTI 1997).

Le "bolle di calcite" sono delle concrezioni libere (come le pisoliti per intendersi), formate di un velo sub sferico di carbonato di calcio, al cui interno si trova aria; spesso galleggiano sul pelo dell'acqua all'interno di vaschette poco profonde e non interessate da flussi turbolenti: condizioni che le rendono comunemente associate a calcite flottante.

La loro crosta è sempre molto sottile (meno di 0,2 mm di spessore) e consiste di microcristalli di calcite (o più raramente di aragonite) che si sono sviluppati sulla superficie di una o più bolle di schiuma, caratterizzata quest'ultima da una grande persistenza così da aver permesso al carbonato di calcio che precipitava sopra di loro di fossilizzarle completamente.

Le analisi chimiche hanno permesso di accertare che l'involucro esterno degli speleotemi provenienti dall'Abisso Mornig era effettivamente costituito da calcite pura e quindi erano a tutti gli effetti delle vere e

proprie “bolle di calcite”.

A tutt’oggi tutte le segnalazioni conosciute di bolle di calcite sono tutte relative a grotte in calcare e la loro genesi è stata spiegata con il fatto che la sottile parete liquida delle bolle di schiuma rappresenta il luogo preferenziale della soluzione, da cui si ha la diffusione dell’anidride carbonica nell’atmosfera di grotta e anche l’eventuale evaporazione. Questo meccanismo genetico spiega anche come mai lo spessore della parete delle “bolle di calcite” non superi mai i 2 decimi di millimetro: infatti, appena lo spessore della crosta diviene maggiore è in grado di impedire totalmente il processo di diffusione della CO_2 e l’evaporazione, con conseguente arresto del processo di precipitazione della calcite.

Anche la struttura delle bolle è particolare: infatti, la parte interna è sempre liscia, mentre quella esterna è più rugosa e con evidenti strutture cristalline in rilievo. Questa differenza tra superficie esterna ed interna è anch’essa una conseguenza del meccanismo genetico: infatti, ogni singolo granello di calcite si sviluppa nella parte esterna del film d’acqua che costituisce la

parete della bolla di schiuma e pertanto la superficie inferiore del granulo di calcite deve seguire quella del film d’acqua, che è ovviamente liscia, e quindi può dar luogo solamente a strutture bidimensionali, mentre la superficie esterna, sviluppandosi nell’atmosfera di grotta è libera di sviluppare strutture cristalline tridimensionali.

La loro delicata struttura fa sì che le bolle di calcite abbiano di norma un tempo di persistenza molto corto, che di solito corrisponde alla stagione secca: infatti, non appena iniziano le piogge una piena del fiume sotterraneo le trascina via se non le distrugge. A questo proposito va ricordato che anche il semplice stillicidio, se arriva diretto sulle bolle è in grado di distruggerle.

Questo è proprio quello che è stato verificato all’interno della Grotta Grande dei Crivellari dove, nel breve volgere di 2 settimane, a seguito di una pioggia torrenziale tutte le bolle di calcite sono state distrutte.

L’unica segnalazione di bolle di calcite in una grotta in gesso è relativa alla Grotta di Grave Grubbo in Calabria (FORTI, CHIE-

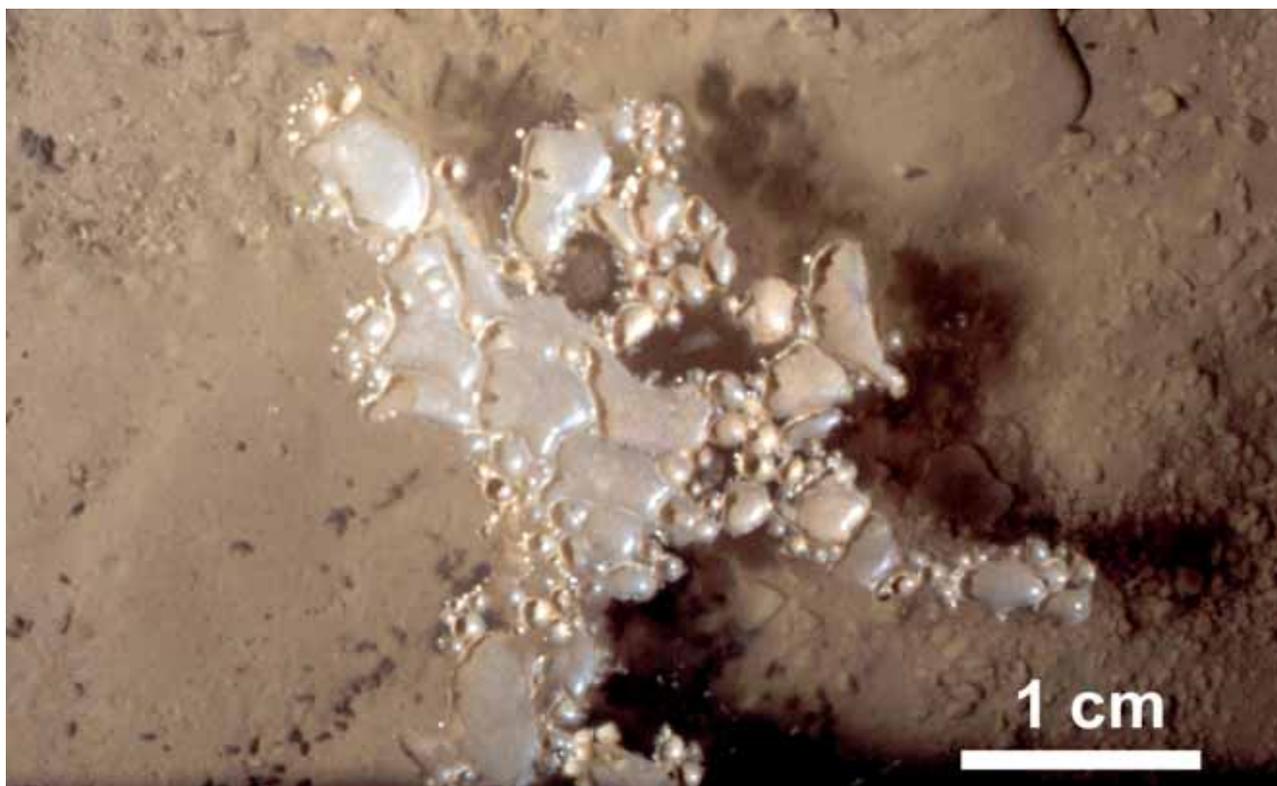


Fig. 4 – Le “mezze bolle galleggianti” nel fiume sotterraneo di Grave Grubbo (foto M. Chiesi).

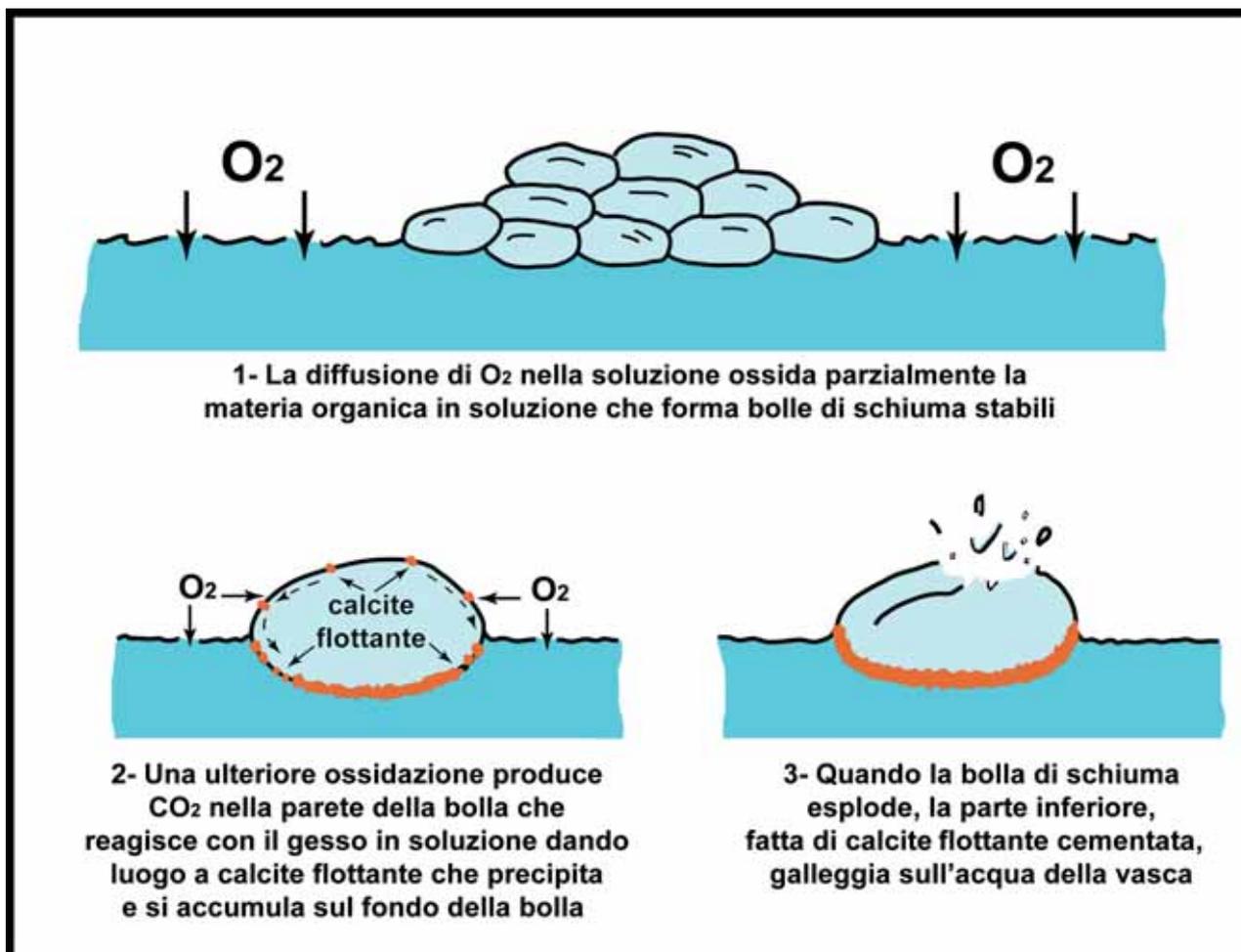


Fig. 5 – Schema riassuntivo degli stadi evolutivi che hanno portato all'evoluzione delle "semibolle" galleggianti di Grave Grubbo (da HILL, FORTI 1997, modificato).

SI 1995; FORTI, LOMBARDO 1998) e in quel caso non si trattava di classiche bolle ma di speleotemi ancora più rari, essendo in realtà delle "semibolle" (fig. 4), che galleggiavano sulla superficie di una vasca molto inquinata da residui organici (sansa di olive).

La genesi di queste concrezioni è stata abbastanza differente da quella che porta normalmente alla genesi di bolle di calcite: infatti, il loro sviluppo è stato controllato dall'ossidazione della sostanza organica in un ambiente saturato di gesso.

Inizialmente l'ossidazione della sostanza organica dà luogo a tensioattivi, che formano sulla superficie del laghetto una schiuma a lunga persistenza, questa a sua volta diviene il supporto privilegiato per il successivo sviluppo delle "semibolle". Infatti, la sottilissima parete liquida delle bolle permette una rapida diffusione dell'ossigeno dall'atmosfera di grotta alla

soluzione, velocizzando così il processo di ossidazione del materiale organico. La grande quantità di CO_2 prodotta da questa reazione, poi, reagisce immediatamente con la soluzione saturata di gesso causando la precipitazione di carbonato di calcio sotto forma di minuti granuli di carbonato di calcio. Ovviamente la reazione di precipitazione avviene in massima parte sulla superficie e all'interno del film liquido delle bolle, ove appunto la concentrazione di anidride carbonica è maggiore: in questo modo i granuli di calcite flottante sono costretti dalla gravità e tensione superficiale a migrare lungo l'interfaccia bolla-aria fino ad accumularsi nella parte inferiore della bolla stessa ove i processi diagenetici li cementano assieme. Questo processo continua fintantoché la bolla di schiuma si rompe lasciando galleggiare le "semibolle" (fig. 5).



Fig. 6 – Particolare di un gruppo di bolle di calcite dell'Abisso Mornig: è evidente attorno a loro il sottile strato di fango calcificato e, nelle vaschette non completamente occupate da bolle, si nota il fondo costituito da gesso liscio per la corrosione accelerata (foto D. Dal Borgo).

Genesi ed evoluzione delle bolle di calcite della Grotta Grande dei Crivellari

Sulla base delle osservazioni fatte in tutte e due le grotte e sulle analisi condotte sul campione preso all'interno dell'Abisso Mornig, è stato possibile definire le condizioni ambientali necessarie e il meccanismo genetico che ha portato all'evoluzione delle bolle di calcite (fig. 6).

Le condizioni al contorno necessarie per il loro sviluppo risultano essere le seguenti:

1. È necessario un substrato di gesso: infatti, in nessuna delle due grotte si sono osservate bolle sviluppatesi su spessi depositi di fango o sopra una concrezione di calcite.
2. La superficie di gesso che funge da supporto alle bolle deve essere nor-

malmente fuori dal flusso idrico, ma è evidente che il semplice gocciolamento non è in grado di sviluppare questo tipo di speleotemi, che al contrario data la loro delicatezza e fragilità verrebbero immediatamente distrutti dall'impatto non solo di una goccia diretta ma anche da eventuali schizzi di rimbalzo.

3. Un sottile strato di fango con un alto contenuto organico deve ricoprire la quasi totalità della superficie del gesso.
4. La superficie del gesso non deve essere liscia ma deve avere un gran numero di piccole concavità in cui l'acqua possa essere intrappolata.

La prima di queste condizioni è fondamen-

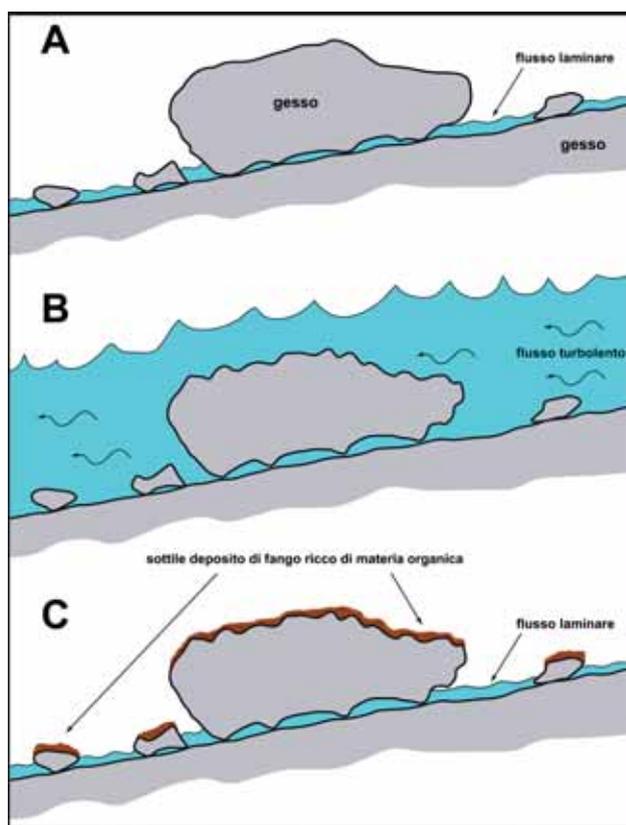


Fig. 7 – Schema del regime idrico che, con l’alternanza di periodi di magra caratterizzati da flusso laminare (A e C) che lasciavano il masso quasi completamente fuori dall’acqua, alternatisi a brevi piene (B) in cui un flusso turbolento con il masso totalmente sommerso, ha permesso la realizzazione delle condizioni idonee (copertura del masso con un sottile strato di fango ricco in sostanza organica) per lo sviluppo delle bolle di calcite.

tale per definire il meccanismo genetico che permette la formazione di concrezioni di carbonato di calcio. Come infatti è ben noto (FORTI, RABBI 1981), la formazione di calcite in ambiente gessoso avviene a seguito della reazione ipercarsica tra la CO_2 disciolta nell’acqua e lo ione Ca^{2+} derivante dalla dissoluzione della roccia gessosa. È pertanto evidente che questa reazione può essere attiva solo in contatto con una superficie di gesso. La presenza di uno strato di fango abbastanza spesso, infatti, rendendo praticamente impossibile la diffusione ionica oltre a un determinato spessore, renderebbe del tutto inefficace la reazione ipercarsica appena descritta. Mentre la presenza di un processo attivo di ossidazione organica sopra una concrezione di calcite produrrebbe esclusivamente la corrosione della stessa.

La seconda condizione è necessaria perché,

quando il gesso è soggetto a un qualunque tipo di flusso turbolento delle acque, le eventuali bolle di calcite sarebbero immediatamente distrutte (come del resto è stato sperimentalmente verificato all’interno della Grotta Grande dei Crivellari). Inoltre se in contatto con il gesso si trova solamente acqua in qualche modo proveniente da gocciolamento, non può aver luogo alcuna deposizione di carbonato di calcio dato che la concentrazione di CO_2 residua dopo la diffusione dalle gocce all’atmosfera di grotta sarebbe troppo bassa per permettere l’instaurarsi della reazione ipercarsica tra gesso e anidride carbonica.

La terza condizione è quella che permette di avere sufficiente materiale organico in ambiente aerato, che con i suoi processi di ossidazione fornisce al sistema la necessaria concentrazione di CO_2 . L’evidenza che effettivamente questo processo di ossidazione è stato attivo sul masso prelevato dall’Abisso Mornig è data dal fatto che tutta la sua superficie superiore è ricoperta da un sottile (1-2 mm) strato di fango calcificato. Ora però questo processo da solo sarebbe stato insufficiente per permettere lo sviluppo delle bolle: infatti il processo ipercarsico attivo nel livelletto di fango si esaurisce in breve o brevissimo tempo (un paio di giorni al massimo) a seguito della rapida evaporazione della scarsa acqua intrappolata al suo interno.

Pertanto la quarta ed ultima condizione al contorno è assolutamente fondamentale per fornire al sistema una quantità d’acqua sufficiente per garantire che il processo di ossidazione e di conseguente deposizione ipercarsica di calcite possa continuare fino a sviluppo completo delle bolle.

Il meccanismo che porta all’evoluzione delle piccole vaschette sulla superficie del masso di gesso è un classico processo autocatalitico. Infatti, quando una superficie piana di gesso è esposta per la prima volta ad un moto turbolento, i processi combinati di erosione/dissoluzione portano allo sviluppo di piccole depressioni. A loro volta queste depressioni, durante le successive piene, vengono riempite di acqua sottosa-

tura, che progressivamente e sempre più rapidamente le approfondiscono rispetto alla superficie originaria del gesso. Infine una ulteriore magnificazione del processo è data dalla permanenza di acqua all'interno delle depressioni una volta che la piena è passata. In queste condizioni infatti si attiva la corrosione ipercarsica del fondo della vaschetta a causa dei processi di ossidazione del materiale organico presente nell'acqua, che può risultare importante se la concentrazione di questi materiali è grande.

Nel caso delle due grotte della Vena del Gesso romagnola, una chiara evidenza dell'efficienza di questa ulteriore dissoluzione è data dal fatto che in nessuna delle vaschette di corrosione il fondo è ricoperto da fango calcificato ma è costituito da una superficie molto liscia di gesso, che ha evidentemente subito una rapida corrosione (fig. 6).

Nel caso specifico dell'Abisso Mornig è stato anche possibile effettuare un calcolo approssimativo del tempo necessario a sviluppare in maniera ottimale le vaschette da dissoluzione: infatti si sa con esattezza quando il masso di gesso è arrivato nel letto del torrente sotterraneo. L'evento infatti è stato causato da lavori di allargamento dei passaggi della grotta effettuati dal Gruppo Speleologico Faentino nel 2004. È evidente infatti che, al momento della sua caduta, il masso di gesso, provenendo da uno strato assolutamente compatto ed omogeneo, doveva essere assolutamente privo di depressioni e che quindi tutte le vaschette devono per forza essersi sviluppate in meno di 8 anni.

Una volta chiarite le condizioni al contrario che sono necessarie per permettere, almeno teoricamente, lo sviluppo di bolle di calcite in una grotta in gesso, è comunque necessario spiegare il perché questi strani speleotemi sono, in effetti, così rari, tanto da essere stati osservati solo oggi giorno e solo in due grotte della Vena del Gesso romagnola. Questo dipende essenzialmente dal fatto che la loro evoluzione richiede un processo a stadi successivi molto comples-

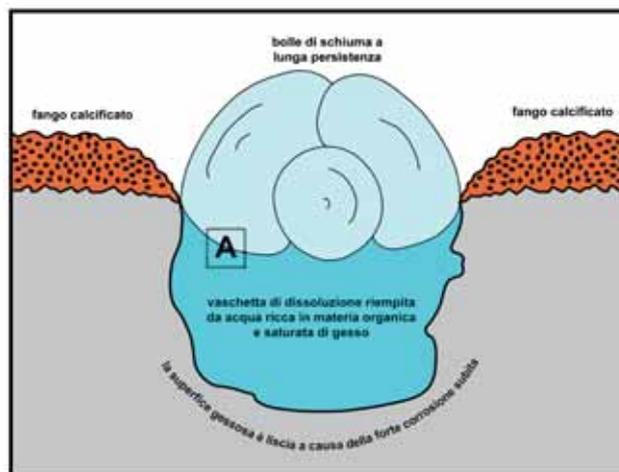


Fig. 8 – Schema di una delle molte vaschette di dissoluzione presenti sulla superficie del masso di gesso. Dopo il passaggio di una piena la vaschetta è piena d'acqua sulla cui superficie si è formato uno strato persistente di bolle: si noti come, a causa della forte dissoluzione subita dalle pareti della vaschetta, il fango calcificato è presente solo al suo esterno.

so da realizzare nella sua interezza.

Il processo genetico che ha portato all'evoluzione delle bolle di calcite nella Grotta Grande dei Crivellari e nell'Abisso Mornig può essere schematizzato nei seguenti 10 stadi successivi:

1. Tutto comincia con la messa in posto di un blocco di gesso lungo il corso di un torrente sotterraneo: il blocco di gesso è posizionato in modo che la sua parte superiore rimane sempre asciutta essendo posizionata al di sopra del normale flusso idrico, mentre viene sommersa per brevi o brevissimi periodi durante il colmo delle rare piene (fig. 7a). Va qui notato che se anche le sponde del torrente sotterraneo fossero formate da gesso, queste non potrebbero permettere comunque l'evoluzione delle bolle di calcite a causa del fatto che la velocità di erosione e di dissoluzione del gesso esposto ad un flusso turbolento rende impossibile alle sponde di mantenersi invariate per un lasso di tempo sufficientemente lungo. Va qui notato poi che anche la possibilità che un blocco isolato possa trovarsi nella situazione appena descritta è abba-

stanza raro e comunque rapidamente verrà comunque consumato e questo spiega la rarità del fenomeno connesso alla formazione di bolle di calcite in ambiente gessoso.

2. Durante le rare piene il blocco di gesso viene sommerso dall'acqua. Quando questo avviene l'acqua del torrente, essendo sottosaturata e fluendo in maniera turbolenta, erode e dissolve parzialmente la superficie sommitale del blocco su cui si sviluppano numerose "vaschette di dissoluzione" (fig. 7b). Da questo momento ogni successiva piena porta ad un allargamento e ad un approfondimento di queste vaschette. Nel caso che una piena avvenga quando già alcune bolle di calcite hanno già avuto modo di svilupparsi, il moto turbolento delle acque le romperà o spazzerà via (vedasi al Punto 10).
3. Al termine di ogni piena uno straterello di argilla e fango si deposita sulla parte superiore del masso di gesso e una piccola quantità di acqua riempie le vaschette di dissoluzione (fig. 7c). Se il contenuto in materia organica del fango e dell'acqua è basso o addirittura assente non è possibile che si inneschi il processo che porta all'evoluzione delle bolle di calcite: infatti non potrà formarsi la schiuma di tensioattivi e non sarà disponibile abbastanza CO_2 per innescare la reazione ipercarsica con il gesso per produrre carbonato di calcio. In questo caso non succederà nulla tranne l'evaporazione di tutta l'acqua prima dal film di fango e argilla e quindi anche dalle vaschette di dissoluzione in attesa di una nuova piena (Punto 2).
4. Al contrario se la concentrazione del materiale organico è sufficientemente elevata, il processo di formazione delle bolle di calcite può iniziare. Infatti l'ossigeno può diffondere dall'atmosfera di grotta nel sottile strato di fango imbevuto d'acqua dove la materia organica viene ossidata con conseguente rilascio di CO_2 che induce la corrosione ipercarsica del gesso sottostante e precipitazione simultanea della calcite che cementa il fango trasformandolo in sottile crosticina a cemento calcareo solo parzialmente attaccata alla sottostante superficie di gesso in corrosione.
5. In breve tempo (pochi giorni), però, i processi ossidativi cessano di essere attivi all'interno della crosticina di fango a causa del fatto che tutta l'acqua intrappolata al suo interno è evaporata. A questo punto l'unico posto in cui l'ossidazione può continuare a procedere anche per un tempo relativamente lungo è all'interno delle vaschette di dissoluzione, che agiscono infatti come trappola per l'accumulo e, nel medesimo tempo, ostacolano il processo di evaporazione dell'acqua immagazzinata verso l'atmosfera di grotta, data la scarsa superficie da cui questo processo può avvenire.
6. Il processo ossidativo all'interno delle vaschette permette lo sviluppo della schiuma di tensioattivi (fig. 8), che a loro volta fungono come luoghi preferenziali per la diffusione dell'ossigeno dall'atmosfera di grotta alla soluzione satura di gesso, diventando così punti preferenziali per la precipitazione di minuti granuli di carbonato di calcio (fig. 9).
7. La dimensione delle vaschette controlla la dimensione massima che possono raggiungere le bolle di schiuma e di conseguenza anche delle possibili bolle di calcite che si andranno a sviluppare. A questo proposito, però va detto che la dimensione delle bolle di schiuma dipende anche da molti altri fattori e conseguentemente non è affatto detto che in ogni vaschetta si formi sempre e soltanto un'unica bolla di calcite, anzi tutt'altro.

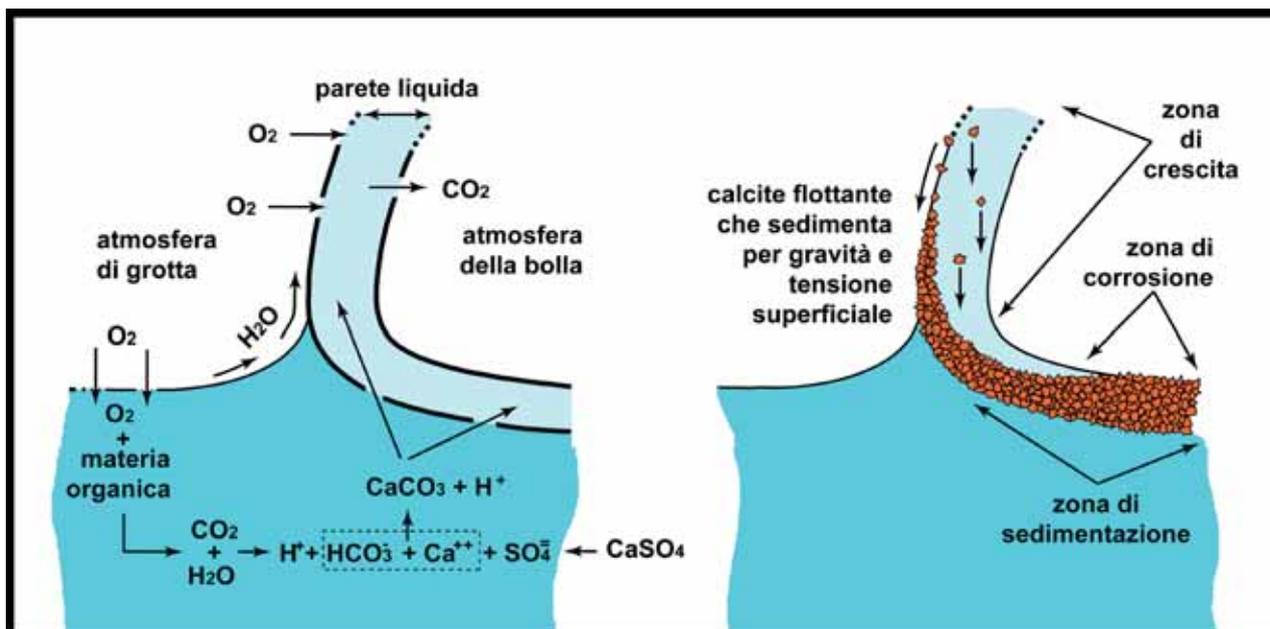


Fig. 9 – A sinistra: processi chimico-fisici che avvengono a livello della parete liquida delle bolle e che portano alla formazione di granuli di calcite flottante; a destra: la formazione delle bolle di calcite a partire dai minuti granuli di calcite flottante.

8. La deposizione della calcite sopra la parete della bolla di schiuma causa una progressiva diminuzione della diffusione dell'ossigeno dall'atmosfera di grotta nella soluzione, che alla fine causa l'interruzione della formazione di nuovo carbonato di calcio quando lo spessore del film di calcite arriva ad essere dell'ordine di 0,1 mm. Questo spiega anche perché lo spessore del guscio esterno di calcite sia sempre costante a prescindere dal volume della bolla.
9. Dopo la fine della deposizione della calcite sulla superficie esterna delle bolle, il solo processo che continua ad essere attivo è la risalita capillare dell'acqua ancora presente nella vaschetta lungo la superficie esterna delle bolle da dove evapora fintanto che vi è acqua disponibile. Durante questo periodo, il progressivo essiccamento delle bolle di calcite può causare tensioni tali da romperne parzialmente il guscio o addirittura a portare al loro collasso nel caso non fossero perfettamente sviluppate.

10. Quando tutta l'acqua delle vaschette e del fango calcificato è evaporata nessun'altra evoluzione è possibile per le bolle di calcite e per la crosticina di fango calcificato. Da questo momento in poi quindi le bolle sono "fossilizzate" finché una nuova piena le distruggerà dando inizio ad un nuovo processo di formazione (dal Punto 2).

La complessità delle condizioni al contorno che sono necessarie allo sviluppo delle bolle di calcite in grotte in gesso e ancora di più quella del processo che porta alla loro effettiva formazione ben spiegano come mai questo speleotema non era stato osservato fino ad oggi in nessuna grotta di gesso al mondo. Va detto però che probabilmente queste concrezioni si formano più frequentemente di quanto risulti in base alle osservazioni dirette disponibili a tutt'oggi, ma la loro fragilità può impedire che le si osservi anche a poche settimane, se non addirittura a pochi giorni, dalla loro evoluzione.

Molti sono i meccanismi che possono portare alla loro distruzione, che può avvenire sia in modo meccanico che chimico. Dal punto di vista meccanico (come già accen-

nato nella seconda condizione al contorno) bisogna considerare che l'impatto diretto di anche una piccola gocciolina d'acqua (anche di rimbalzo) possa essere sufficiente per rompere la bolla, come del resto lo è sicuramente un sottile velo di acqua che fluisce con moto turbolento.

Ma noi pensiamo che il maggior responsabile per la distruzione delle bolle sia un processo chimico-fisico, molto comune nell'ambiente di grotta: la corrosione per condensazione. Infatti l'acqua di condensazione, avendo sempre disciolta un poco di anidride carbonica ma assolutamente niente carbonato di calcio, risulta essere sempre fortemente aggressiva rispetto alle concrezioni di calcite, quali appunto le bolle. Pertanto la condensazione sulla superficie esterna delle bolle porta acqua aggressiva in contatto con il sottilissimo film di calcite che le costituisce e che ovviamente viene corrosato rapidamente con conseguente collasso dell'intera struttura della bolla.

Conclusioni

Le bolle di calcite che sono state scoperte recentemente nella Grotta Grande dei Crivellari e nell'Abisso Mornig sono un chiaro esempio della complessità dei processi chimico-fisici che possono essere attivi all'interno di una grotta in gesso.

La principale ragione per cui questi particolari speleotemi non erano stati mai osservati fino ad oggi è una diretta conseguenza del loro meccanismo genetico, che le porta alla distruzione pochi giorni o al massimo poche settimane dopo la loro formazione (come è stato osservato

proprio nel caso della Grotta Grande dei Crivellari).

Fino ad oggi era praticamente convinzione generale che i pochi speleotemi che potevano svilupparsi in ambito gessoso fossero tutti ben conosciuti e quindi non vi era possibilità alcuna di trovarne dei nuovi.

Le bolle di calcite appena scoperte invece sono una chiara evidenza del fatto che le grotte in gesso, anche quelle studiate ed esplorate da quasi un secolo, possono ancora essere posti molto interessanti dove cercare nuovi tipi di concrezionamento.

Bibliografia

- M. ERCOLANI, K. POLETTI, P. FORTI c.s., *Genesis and evolution of calcite bubbles in gypsum caves*, in *Proceedings 16th Int. Congr. of Speleology*, Brno.
- P. FORTI, M. CHIESI 1995, *A proposito di un particolare tipo di calcite flottante osservato nella Grotta Grave Grubbo - CB 258 (Verzino, Calabria)*, "Atti e Mem. Comm. Boegan" 32, pp. 43-53.
- P. FORTI, N. LOMBARDO 1998. *I depositi chimici del sistema carsico Grave Grubbo - Risorgente di Vallone Cufalo (Verzino, Calabria)*, "Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia" s. II, 10, pp. 83-92.
- P. FORTI, E. RABBI 1981, *The role of CO₂ in gypsum speleogenesis: Ist contribution*, "International Journal of Speleology" 11, pp. 207-218.
- C.A. HILL, P. FORTI 1997, *Cave Minerals of the World*, (National Speleological Society), Huntsville.