

C'è un ambiente del tutto peculiare, quello sotterraneo delle grotte, all'interno del quale l'azione modellante dell'acqua si palesa in tutta la sua forza come decisivo e principale protagonista di un film sceneggiato sapientemente.



Gatti Fabio, Greppi Maurizio  
Progetto Sebino

# L'ACQUA: L'ARTISTA INDISTURBATO

che modella le grotte



Quotidianamente osserviamo intorno a noi un paesaggio che, sempre mutevole, deriva dall'azione di numerosissimi fattori, tra i quali negli ultimi millenni sicuramente ha acquisito un peso sempre maggiore l'attività umana.

Tralasciando quest'ultima, e limitandosi quindi ai soli fattori naturali, volendo restringere ulteriormente il campo ai soli agenti atmosferici (ve ne sono molti altri), l'elemento acqua è sicuramente quello che più di tutti agisce in maniera evidente ed invasiva, con conseguenze spesso immediate e talvolta imprevedibili.

C'è però un ambiente del tutto peculiare, quello sotterraneo delle grotte, all'interno del quale l'azione modellante dell'acqua si palesa in tutta la sua forza come decisivo e principale protagonista di un film sceneggiato sapientemente.

A differenza del paesaggio superficiale, infatti, sul quale l'azione sinergica dei vari fattori riesce ad assommarsi rendendo più complessa l'individuazione del confine tra l'azione di un fattore e quella di un altro, l'ambiente ipogeo, che per sua natura ha in alcune caratteristiche di sostanziale immutabilità alcuni tra i principali tratti distintivi, mette in risalto in maniera disarmante il ruolo dell'elemento acqua.

Quest'ultima agisce con forza tramite meccanismi di erosione meccanica e chimica come in superficie ma questi stessi meccanismi seguono dinamiche diverse in funzione della diversità del contesto in cui si verificano, laddove grosse quantità di acqua possono saturare



Nella pagina accanto: l'azione combinata di vari processi speleogenetici origina molto spesso ambienti aperti dalle dimensioni ragguardevoli.

A sinistra: effetti dello scioglimento preferenziale da parte dell'acqua sulle micro fessure della roccia. Queste debolezze della roccia sono il punto di partenza per l'avvio del processo di dissoluzione carsica, che in una prima fase allarga il reticolo di fratture e pone le basi per modalità di scorrimento più abbondante ed evoluto.

completamente certi ambienti (situazione non rinvenibile nel mondo esterno), il vapore acqueo derivante dalla nebulizzazione di una cascata si deposita sulle pareti e soffitti dei saloni sotterranei (anche questo avviene esclusivamente nelle grotte, visto che all'esterno il vapore acqueo si disperde nell'atmosfera), i corsi d'acqua non incontrano la resistenza della vegetazione e del suolo (entrambi sempre presenti all'esterno e sempre assenti in ambienti ipogei), ecc.

Ovviamente c'è da dire che queste particolarità sono in gran parte collegate alla maggiore immutabilità dell'ambiente sotterraneo, caratterizzato da temperature praticamente costanti, dall'assenza dei fenomeni di gelo e disgelo con tutto ciò che questo comporta, del ciclo notte-giorno, dell'alternanza delle stagioni, ecc. senza contare la totale inesistenza dell'impatto antropico su ambienti per forza di cose in gran parte inesplorati e spesso vergini.

Tale contesto mette di fatto completamente "a nudo" l'operato dell'acqua, visibile nella forma delle gallerie, dei saloni, delle forre in maniera talmente evidente che quasi consente di azzardare ipotesi in merito alla successione delle condizioni meteorologiche o quanto meno di piovosità nella determinata area geografica in cui si sviluppa la cavità oggetto di indagine.

I modi in cui l'acqua esercita la sua azione nel sottosuolo carsico sono principalmente tre: Dissoluzione, dipendente dall'azione chimica di rimozione del carbonato di calcio; Erosione, dipendente dall'azione di rimozione meccanica esercitata sulle rocce; Deposizione,

dipendente dall'azione di deposito del carbonato di calcio quando quest'ultimo, trovandosi in concentrazioni eccessive all'interno dell'acqua (sovra saturazione) si deposita sulle pareti della grotta e origina così le concrezioni.

La dissoluzione costituisce in un certo senso il primo fattore che dà origine alla formazione e sviluppo delle grotte. Si innesca grazie all'acidità che l'acqua acquisisce attraversando l'atmosfera (mentre piove incorpora anidride carbonica e diventa acido carbonico) e il suolo (mentre si infiltra sottoterra, dove si arricchisce delle sostanze acide presenti all'interno dell'humus): è durante questi percorsi che ottiene le caratteristiche che le consentono di sciogliere le rocce (e originare così le grotte).

Durante questo processo, che si sviluppa esclusivamente in rocce costituite da carbonato di calcio, le micro fessure che si trovano al loro interno, vengono progressivamente allargate grazie ad un fenomeno di vero e proprio scioglimento, che prende avvio grazie alla caratteristica tipica del carbonato di calcio (componente dominante le rocce calcaree) di essere solubile in ambiente acido.

Da queste micro fessure prendono forma cavità progressivamente più grandi che, in un tempo sufficientemente lungo (da migliaia a milioni di anni), raggiungono dimensioni di gallerie e sale, nelle quali si possono innescare fenomeni di scorrimento superficiale.

Nel momento in cui gli spazi sono abbastanza grandi da consentire lo scorrimento a pelo libero (superficiale)



dell'acqua, si possono innescare le modalità di deposizione dato che, sciogliendo la roccia, l'acqua si arricchisce contemporaneamente di carbonato e raggiunto il limite di solubilità, inizia ad rilasciarlo (secondo il processo chimico della precipitazione) originando così le concrezioni. Si apre così il mondo in un certo senso più spettacolare e famoso delle grotte, infatti, in funzione dei differenti modi in cui l'acqua deposita il calcare, si origina una stupefacente molteplicità di forme che originano per processi che, pur tecnicamente diversi, agiscono spesso assieme e generano forme composte ancora più affascinanti.

Quando l'acqua gocciola liberamente dal soffitto, deposita un sottile velo di calcare al momento del distacco e origina così una stalattite, che ha classicamente una forma conica che cresce allungandosi progressivamente verso il basso. Nel momento in cui il soffitto è inclinato e impone alla goccia un percorso obliquo, la deposizione avviene in modo lineare e si origina così quella che viene chiamata vela.

Altre concrezioni si sviluppano quando l'acqua caduta dal soffitto, impattando con il pavimento, libera nuovamente altro calcare che accumulandosi verso l'alto origina così le stalagmiti. Quando stalattiti e stalagmiti, l'acqua che scorre su di esse cambia il modo in cui deposita il carbonato di calcio e produce ulteriori tipologie di forme che dipendono dalla deposizione graduale su una superficie diffusa del carbonato. Si originano così ad esempio le colonne, che derivano dall'unione di una stalattite e da una stalagmite che nel momento in cui si "toccano" continuano a crescere in modo diverso, aumentando di dimensioni in modo radiale (ispessendosi progressivamente)

Esistono anche modalità di deposito che sfidano la legge di gravità, si tratta delle eccentriche, concrezioni che si sviluppano senza una direzione precisa generando arzigogoli spesso molto complicati.

In questo caso il motore che spinge tale processo risiede nella caratteristica unica dell'acqua il cui stato liquido è basato sugli innumerevoli legami di natura elettrostatica (i cosiddetti legami a idrogeno) che tengono vicine le varie molecole.

Secondo un processo definito di capillarità, basata proprio su questi legami, l'acqua riesce a muoversi in ogni direzione (anche in direzione opposta alla forza di gravità) e depositare così in molti modi diversi, originando forme estremamente variabili e decisamente spettacolari.

Il processo erosivo rappresenta in un certo senso uno stadio più maturo delle grotte. Questo è basato su

meccanismi di tipo meccanico e dipende esclusivamente dall'azione esercitata dall'acqua in movimento.

La condizione dell'acqua che scorre in grotta, è necessariamente collegata a cavità che hanno già raggiunto sviluppi piuttosto significativi, tali da garantire spazi sufficienti da permettere all'acqua di scorrere.

In questa situazione si innescano due condizioni principali che definiscono, tra l'altro, due regioni speleologicamente distinte: la zona vadosa e la zona freatica.

Nella prima, generalmente meno profonda, l'acqua scorre "a pelo libero" all'interno delle cavità già allargate da meccanismi di dissoluzione e di crollo; nella seconda, generalmente localizzata in prossimità del limite inferiore delle grotte, l'acqua scorre riempiendo completamente i condotti e la cavità.

Nelle due zone l'azione erosiva è profondamente differente; infatti, nella zona vadosa l'acqua scorre in modo del tutto simile ai torrenti superficiali, la velocità è piuttosto elevata (soprattutto se paragonata alla quella degli acquiferi non carsici), e tende ad erodere la roccia preferenzialmente verso il basso (secondo la gravità) e, se le condizioni lo consentono, tende a originare delle vere e proprie forre sotterranee, connotate in tutto e per tutto come le morfologie che si osservano nei torrenti montani. In questo caso la grotta diventa come una valle strettissima dotata però di "tetto", nella quale si succedono pozze salti e cascate, il cui fondo tende costantemente ad abbassarsi per l'azione erosiva dell'acqua.

La similitudine con i corsi d'acqua superficiali è tale che è addirittura possibile osservare qua e là

alcune pietre che, trasportate dal deflusso, cominciano a mostrare i segni della levigatura e a somigliare ai ciottoli fluviali.

Lo scorrimento superficiale delle parti superiori delle grotte innesca un reticolo di corsi d'acqua che, nelle zone più profonde, porta l'acqua ad accumularsi e a riempire le cavità. Quando questo accade l'azione erosiva cambia completamente e si esercita non più solo verso il basso ma in tutte le direzioni generando così l'aspetto di fatto circolare delle gallerie freatiche.

Anche nel caso delle morfologie da erosione non mancano le forme ibride: infatti i regimi idrologici cambiano e può accadere che una condotta inizialmente scavata in regime freatico (completamente riempita di acqua) possa parzialmente svuotarsi e innescare modalità erosive classiche, iniziando a scavare verso il basso, il risultato è una condotta dalla classica forma a "buco di serratura".

Le grotte sono sistemi naturali in grado di suscitare stupore e curiosità in modi completamente diversi, le forme interne ne rappresentano uno dei più spettacolari. Ciò che le rende ancora più affascinanti risiede nel fatto che per poterle apprezzare è sufficiente una piccola dose di curiosità, posta ad esempio nel guardare dove non immagineremmo, per trovare forme del tutto inaspettate e a prima vista inspiegabili.

Osservare e studiare le morfologie degli ambienti sotterranei consente di ammirare la vivacità e il dinamismo di questi luoghi che, apparentemente immutabili e immobili nel tempo, una volta compreso il loro funzionamento, ci spiegano la storia di ogni grotta e la sua evoluzione.



*In alto: l'acqua che percola dal soffitto a volte segue un percorso inclinato e deposita il calcare lungo una linea, la forma che ne deriva è quella di uno strato di roccia che richiama la forma di un drappo.*

*Nella foto a sinistra: due forme con origini diverse affiancate, a sinistra una colonna, risultato della unione tra una stalattite e una stalagmite. Quando le due strutture, accrescendosi rispettivamente verso il basso e verso l'alto, si uniscono, si forma una colonna nella quale lo scorrimento dell'acqua sulla superficie (è infatti bagnata) determina l'ulteriore allargamento. La stalagnite retrostante (a sinistra e più piccola) mostra invece la forma a semisfera centrale dove l'acqua che cade genera la deposizione da impatto, tipica delle stalagmiti.*