

L'ecosistema delle grotte

Apparentemente semplice e poco appariscente, è invece complesso, fragile e peculiare, legato ad equilibri delicatissimi.

È una storia vecchia. Noi vogliamo rispecchiare la natura e nello specchio vediamo noi stessi e i nostri pregiudizi. Gli esempi storici abbondano. Aristotele descrisse come un "re" la grande ape che guida lo sciame e questa identificazione erronea dell'unica femmina sessuata è persistita per almeno due millenni.

Stephen Jay Gould

Dal punto di vista biologico le grotte possono essere divise in tre zone:

- la zona dell'ingresso, in cui arriva la luce del sole e la temperatura e l'umidità variano quasi come nell'ambiente esterno; in questa zona troviamo tipicamente felci, muschi, licheni e alghe azzurre e, oltre agli animali che se ne nutrono, generalmente specie animali degli ambienti esterni, in particolare della lettiera dei boschi umidi, ad esempio;
- la zona intermedia, in cui la luce va via via diminuendo fino a scomparire e, comunque, non arriva a sufficienza per permettere la vita delle piante; la temperatura e l'umidità sono ancora abbastanza instabili, ma variano meno che nell'ambiente esterno; in questa zona troviamo molte specie animali dell'ambiente esterno, che vi entrano per trovare riparo, ad esempio molte specie notturne durante il giorno, come nel caso, piuttosto frequente, dell'allocco;



La catena alimentare esterna nelle aree carsiche evaporitiche

- la zona profonda, in cui la luce è completamente assente, la temperatura è stabile così come anche l'umidità, prossima alla al 100%; gli animali che vivono in questo ambiente sono necessariamente specializzati e adatti ad un ambiente del tutto privo di luce solare, un ambiente estremamente stabile in cui non ci sono le modifiche stagionali che si avvertono in altre zone.

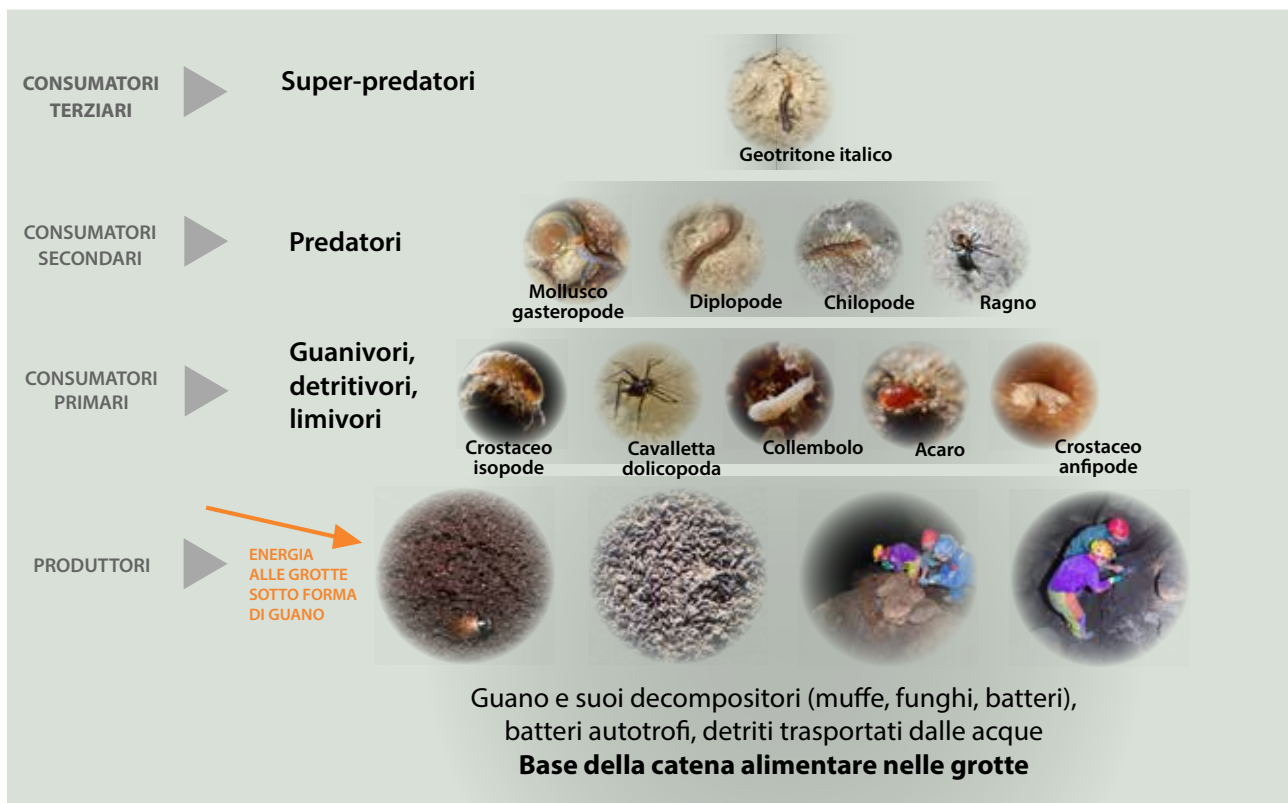
Nella zona profonda delle grotte (detta anche zona afotica, cioè "senza luce") l'energia che, grazie alla fotosintesi delle piante è alla base delle catene trofiche degli ecosistemi di superficie, arriva in grotta per vie alternative e in misura molto ridotta.

Una parte importante di questa energia arriva dalla superficie trasportata dall'aria o dall'acqua, attraverso gli inghiottitoi (anche per semplice caduta): foglie, ramaglie e altri detriti vegetali (inclusi pollini, semi e spore), animali vivi o morti, deiezioni: in altre parole, qualsiasi genere di sostanza organica. Tutto quanto viene convogliato nei sistemi sotterranei diventa cibo per gli animali delle grotte. Non solo la sostanza organica in sé, ma anche i batteri, le muffe e i funghi che vi si sviluppano diventano cibo per dare avvio alla catena trofica delle grotte.

Un'altra componente importante sono i pipistrelli, che funzionano da vettori di energia, mangiando in superficie, durante la notte, insetti e altri invertebrati o anche piccoli vertebrati, che vengono poi trasportati sotto forma di guano all'interno della grotta. I pipistrelli, infatti, durante il

giorno sostano nella grotta e producono le loro deiezioni che, accumulandosi, danno vita ad un particolarissimo ecosistema basato su questo materiale organico e, anche in questo caso, sulle colonie batteriche, le muffe, i funghi che vi crescono. I pipistrelli, poi, possono divenire fonte di cibo per alcune specie di parassiti e, quando muoiono, i cadaveri diventano una fonte di cibo per le specie necrofaghe. Anche le radici delle piante che arrivano abbastanza in profondità da emergere nelle grotte diventano una possibile fonte di sostanza organica per l'ecosistema sotterraneo.

Alcuni particolari batteri autotrofi sono una terza fonte di energia, in questo caso endogena della grotta, poiché non si sviluppano soltanto sulla materia organica proveniente dall'esterno, ma possono crescere utilizzando substrati inorganici come fonti di energia (come, ad esempio, i solfobatteri), trasformando anche composti inorganici in sostanza organica, come fossero produttori primari al pari delle piante. Tutti gli organismi che si cibano di questa sostanza organica, diventano, a loro volta, prede e cibo per altri animali, via via più grandi, senza però raggiungere dimensioni nemmeno paragonabili a quelle degli animali di superficie: l'energia iniziale è troppo bassa per permettere lo sviluppo di forme di vita di dimensioni maggiori di pochi centimetri. La stragrande maggioranza delle specie animali è costituita da invertebrati, essendo pochissimi i vertebrati (soltanto una specie di anfibio nelle grotte nelle evaporitiche



La catena alimentare interna nelle grotte evaporitiche

dell'Appennino settentrionale e comunque non si tratta di un vero eutroglobio, poichè, in genere, vive negli ambienti prossimi all'ingresso ed esce di notte o con la pioggia).

Ricapitolando, i livelli trofici delle grotte profonde sono rappresentati da:

- batteri autotrofi, capaci di creare autonomamente sostanza organica;
- saprofiti: batteri, funghi e muffe che si nutrono di sostanza organica in decomposizione;
- protisti e altri microrganismi che si nutrono di batteri;
- saprofagi: animali che si nutrono di sostanza organica in decomposizione (i necrofagi si cibano di carcasse animali, i coprofagi si cibano di escrementi, i detritivori si cibano di residui organici vegetali o animali);
- micofagi: animali che si nutrono di muffe e funghi;
- limivori: animali che deglutiscono il fango per nutrirsi della sostanza organica in esso disciolta;
- guanobi o fomicoli: definizione specifica per gli esseri viventi (saprofiti o saprofagi) che si nutrono di guano;
- parassiti: animali che si cibano a spese di altri animali;
- predatori: animali che si cibano di altri animali.

Data la scarsità di risorse alimentari, molte specie sono polifaghe, cioè capaci di adattarsi a diverse fonti di cibo e quasi tutti hanno una grande resistenza a lunghi periodi di digiuno.

Le specie animali che si rinvencono in grotta si dividono, in base al loro legame con l'ambiente ipogeo, in:

- trogllosseni, animali che si trovano in grotta per caso, trasportati dalle acque o dal vento, caduti e entrati per sbaglio o per scorribande occasionali, alla ricerca di prede come, ad esempio, capita spesso alla faina che entra in grotta per catturare i pipistrelli;
- trogllofili, animali che frequentano le grotte, alle quali non sono però legati in modo esclusivo: alcuni possono viverci stabilmente e compiere anche l'intero ciclo biologico, ma possono altresì vivere in ambiente esterno, magari da animali notturni; altri vi passano fasi importanti della loro vita, pur frequentando regolarmente anche l'ambiente esterno, come nel classico caso dei pipistrelli.
- troglobi, animali fortemente legati alle grotte, dove svolgono obbligatoriamente tutto il loro ciclo vitale. Questi ultimi presentano adattamenti particolari, che consentono loro di vivere in questo ambiente reso così estremo dalla totale assenza di luce e dai bassissimi livelli di energia: depigmentazione (mancanza di colore); anoftalmia (mancanza degli occhi); atterismo (mancanza o riduzione delle ali); arti, antenne e altre appendici allungate, con funzione tattile per orientarsi al buio; sviluppo di chemiorecettori, tattocettori e igrorecettori; mancanza di epicuticola (negli artropodi); perdita del ritmo giorno-notte e estate-inverno, data la stabilità di luce, temperatura e umidità; rallentamento del metabolismo; minor numero di uova, di grandi dimensioni per nutrire meglio la larva; criptometabolismo (riduzione degli stadi di sviluppo larvale).



C'è vita nel guano!

A sinistra: il Collembolo
Mesachorutes

quadriocellatus nella Grotta di Onferno su guano, molto frequente nelle cavità (foto Roberto Fabbri).

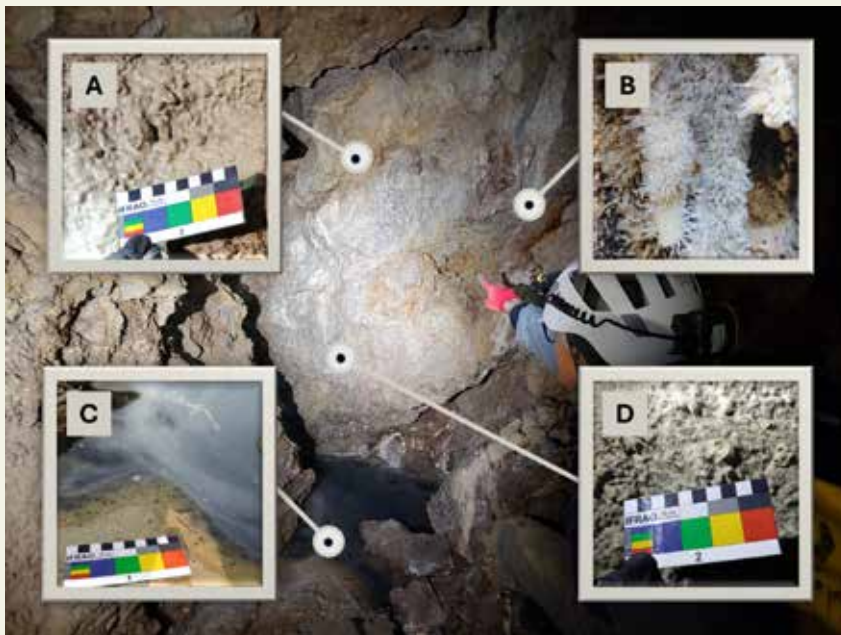
A destra: il Diplopode
Callipus sp. sempre nella Grotta di Onferno: entità trogllofila e predatrice (foto Roberto Fabbri).

Batteri

I batteri, secondo ogni possibile, ragionevole e apprezzabile criterio, sono, e sono sempre stati, i dominatori della vita sulla terra. Noi non riusciamo ad afferrare questo che è il più evidente di tutti i fatti biologici, in parte per la cecità della nostra arroganza, ma anche, in larga misura, per effetto della scala cui ci rapportiamo. Siamo assuefatti a considerare i fenomeni della scala umana – dimensioni, misure in metri, ed età in decenni – come tipici della natura.

Stephen Jay Gould

Lo studio della microbiologia delle grotte interessa discipline che spaziano dall'ecologia alle biotecnologie mediche e industriali; ciononostante, la maggior parte degli studi condotti ad oggi riguardano grotte in roccia calcarea, mentre poco si sa sulla microbiologia delle grotte che si sviluppano nel gesso. Per quanto riguarda i gessi dell'Appennino settentrionale gli studi sono iniziati da poco e sono per questo limitati a due cavità: la Grotta del Buless, una delle poche cavità regionali ad essere caratterizzata dalla presenza di una sorgente sulfurea, e La Tanaccia, una delle grotte più conosciute in Romagna, rappresentativa delle cavità nei gessi messiniani. Le analisi del DNA microbico hanno mostrato che la Grotta del Buless è dominata da batteri noti per essere in grado di ossidare e ridurre diversi composti dello zolfo, suggerendo che il ciclo dello zolfo può giocare un ruolo centrale nel metabolismo delle comunità microbiche presenti. Diversamente, la Tanaccia è popolata da microrganismi tipicamente associati ad ambienti oligotrofici, ovvero caratterizzati da una scarsa concentrazione di nutrienti organici. Questi risultati suggeriscono che la presenza di zolfo ridotto sia uno dei principali fattori a determinare le differenze fra le comunità microbiche presenti nelle grotte studiate in questo lavoro. Questa prima indagine, benchè sia in fase iniziale, fornisce importanti informazioni sulla biodiversità microbica presente nelle grotte di gesso, suggerendo quali potrebbero essere le principali strategie metaboliche adottate dai microrganismi che colonizzano questi particolari ambienti sotterranei.



Esempi di alcuni dei campioni prelevati dalla Grotta del Buless: A) Patina. B) Cristalli di gesso. C) Patina bianca galleggiante. D) Pseudo-vermicolazioni (foto Ettore Lopo).

Invertebrati

L'evoluzione degli invertebrati nelle grotte, e quindi in condizioni ambientali estreme, è stata molto forte e ha determinato aspetti morfologici e funzionali assolutamente unici.

Questi organismi, che probabilmente hanno cercato nel sottosuolo condizioni di vita favorevoli per sfuggire alle glaciazioni del Quaternario, presentano, anche ad un primo esame, numerose ed evidenti forme di adattamento, come l'allungamento degli arti per distanziare la superficie corporea dalle fredde superfici delle grotte; la perdita della vista, inutile nel buio assoluto, soppressa dalla presenza di peli e setole con funzioni sensoriali; l'utilizzo del primo paio di zampe come fossero organi tattili com'è il caso di alcuni Aracnidi, o la notevole crescita delle antenne come nel caso delle dollicopode (Ortotteri caratterizzati anche dall'atrofizzazione delle strutture deputate al volo); infine la depigmentazione del corpo, che spesso è appunto depigmentato, in quanto la colorazione che è certamente utile alla mimetizzazione in ambiente esterno, risulta inutile in assenza di luce.

Animali così specializzati sono molto vulnerabili perché inadatti alle condizioni comuni nell'ambiente esterno: la luce, lo sbalzo termico, le correnti d'aria o d'acqua, l'apporto di sostanza organica... Spesso infatti è sufficiente una minima alterazione dell'ambiente per causare la loro scomparsa. Il monitoraggio di questi organismi può quindi essere utilizzato come indicatore del grado di impatto antropico dovuto ad esempio alla fruizione turistica delle grotte e, più in generale, del tasso di inquinamento proveniente dall'esterno.

Nei gessi lo studio sistematico degli invertebrati ipogei è iniziato relativamente di recente e non è ancora concluso. Nel complesso sono state riscontrate, fino ad ora, oltre 100 specie, di queste circa una decina risultano troglobie, evidenziando così una notevole quanto inattesa biodiversità. Sono stati classificati, tra gli altri, numerosi Molluschi, Anellidi, Diplopodi, Chilopodi, Collemboli, Ditteri, Imenotteri, Crostacei e Aracnidi.

Va sottolineato che un importante numero di invertebrati troglobi-troglofili insediati nelle cavità dei sistemi carsici gessosi hanno come fonte trofica primaria il guano depositato dai pipistrelli.

Rimane comunque molto lavoro da svolgere perché Nematodi, Anellidi e Acari non sono ancora ben conosciuti, tra l'altro risultano difficoltosi da identificare anche per la mancanza di specialisti. Si è poi alle prime conoscenze anche per quanto riguarda Crostacei Copepodi, Diplopodi, Chilopodi e Collemboli.



Lungo gli attivi dei corsi d'acqua sotterranei, perenni o temporanei, è possibile scorgere gli anfipodi del genere *Niphargus*. Questi piccoli crostacei, che si muovono con estrema agilità nel fitto reticolo di meati invasi dalle acque sotterranee, sono caratterizzati da totale depigmentazione e anoftalmia. Un'altra caratteristica è quella di essere in grado di sopportare prolungati digiuni (foto Francesco Grazioli).

Invertebrati stigobi alle fonti saline di Poiano

Da segnalare l'importante popolamento di invertebrati delle saline di Poiano (Alta valle del Secchia), acque con un particolare chimismo che presentano una fauna stigobia di notevole importanza. Recenti studi hanno infatti individuato 5 specie stigobie (esclusive di acque sotterranee), tra cui 2 Oligocheti, 1 Copepode, 1 Ostracode e 1 Anfipode. Tra queste, due specie sono nuove per la scienza, mentre una (*Niphargus poianoi*, nella foto di Fabio Stoch), è endemica delle aree gessose della Val Secchia.



Vertebrati

Geotritone italico: il solo “superpredatore” nelle grotte evaporitiche

Il geotritone italico *Speleomantes italicus* Dunn, 1923 (*Amphibia Urodela Plethodontidae*) è specie endemica centro-nord appenninica, con areale che si estende dalle Alpi Apuane e dall'Appennino Tosco-Emiliano fino all'Appennino Umbro-Marchigiano e all'Appennino Abruzzese.

In Emilia-Romagna la specie si trova dalla provincia di Reggio Emilia, attuale limite settentrionale di distribuzione, alla provincia di Rimini. Specie trogllofila, frequenta cavità in substrati geologici differenti, purché caratterizzati da sufficiente grado di umidità ed estesi e profondi sistemi di litoclasti. Si ritrova sia in ambienti naturali che in ambienti artificiali (miniere e gallerie) e può frequentare anche la superficie, quando le condizioni ambientali (umidità, temperatura, luce) sono ad essa favorevoli. Elemento ovunque fondamentale è la presenza di habitat ipogei sufficientemente estesi e in grado di garantire le caratteristiche ecologiche necessarie alle diverse fasi del ciclo biologico della specie.

Nei Gessi dell'Emilia-Romagna la specie è nota per i Gessi Triassici e per il settore orientale della Vena del Gesso romagnola, dove la specie è stata segnalata per la prima volta negli anni '90 del Novecento ed in seguito confermata nel 2005 e nel 2015 all'Abisso Fantini. Vi è poi solamente una segnalazione incerta per i Gessi bolognesi. Nei Gessi della Romagna orientale la specie è diffusamente presente è infatti nota per il Riminese, nella Grotta di Pasqua di Montescudo, in comune di Montescudo-Monte Colombo, nella Grotta del Rio Strazzano (San Leo) e in diverse cavità dei gessi dei Torrenti Chiusa e Fanantello, mentre non risulta segnalata nei Gessi di Onferno.



Il geotritone italico (*Speleomantes italicus*) nella Grotta del Rio Strazzano (sopra) e nei Buchi delle Macchiette di Sapigno, Gessi dei Torrenti Chiusa e Fanantello, Romagna orientale (sotto) (foto Federico Cendron).

Vertebrati

I pipistrelli

Che Bruno Vespa in tivù abbia definito i pipistrelli “uccelli” è (per farci capire anche da lui) un errore altrettanto grave che dire che Andreotti era un comunista. O che l'Italia è una monarchia. Ma non deve stupire. L'ignoranza della natura, dei suoi cicli, dei suoi abitanti, delle sue regole, nell'umanità inurbata e tecnologica è madornale ma diffusissima. Forse è direttamente proporzionale alla necessità di pensare che la natura sia il passato, perché ormai assoggettata all'uomo che è il suo *dominus*, e alla tecnologia, che è il suo (presunto) superamento. Si occupino di chiroteri (l'ordine di mammiferi al quale appartengono i pipistrelli) gli zoologi. A noi che ci può importare dei chiroteri? [...] Provate a scrivere un libro sui pipistrelli e fate la conta di quanta gente partecipa alla sua presentazione. Nemmeno Batman, che pure ai pipistrelli deve qualcosa.

Michele Serra

Mammiferi volanti con una storia naturale originale che li ha portati a evolversi in moltissime specie legate ad ambienti differenti (si consideri che l'ordine dei chiroteri con le sue oltre mille specie occupa circa un quarto della classe dei mammiferi), i pipistrelli occupano “spazi ecologici” peculiari, in parte non ancora ben compresi dalla scienza.

Dal punto di vista della conservazione i chiroteri sono molto interessanti perché da un lato sono elementi fondamentali e imprescindibili degli ecosistemi a cui appartengono (e questo è vero non solo nei lontani ambienti tropicali o esotici ma anche nelle meno iconiche zone d'Europa), dall'altro perché fortemente minacciati da vari fattori. Ad impattare i pipistrelli sono molteplici attività come la distruzione dei rifugi, la perdita e frammentazione degli habitat di vita, la comparsa di nuove malattie diffuse dalla globalizzazione, la drammatica riduzione degli invertebrati e la contaminazione di molecole inquinanti, il consumo di suolo e la presenza di nuove infrastrutture energetiche (si pensi agli impianti eolici di tipo industriale), l'inquinamento luminoso ed il cambiamento climatico che ha effetti su tutte le reti trofiche e sui sistemi in cui i pipistrelli sono inseriti.

Come si capisce scorrendo questo parziale elenco di minacce, conservare i pipistrelli è una sfida complessa proprio perché richiede misure di conservazione appropriate e specifiche, azioni che vanno ben oltre alla semplice posa di un rifugio su un edificio o in un bosco.



Gruppo di *Myotis schreibersii* nella Grotta del Rio Strazzano (foto Francesco Grazioli).

Nella nostra Regione sono note 25 specie di chiroterri delle 36 entità ad oggi conosciute in Italia; di queste venticinque, ben nove specie sono di particolare interesse per l'Unione europea, rientrando in un particolare elenco della Direttiva Habitat (Direttiva 92/43/Cee, Allegato II).

L'associazione grotta/pipistrelli è un fatto "culturalmente scontato" che, nel caso dei nostri gessi, trova una reale conferma. In effetti molti pipistrelli per delicate fasi della vita (pensiamo allo "svernamento") frequentano le cavità sotterranee, siano queste naturali o artificiali; queste specie vengono perciò dette "troglofile", ma è bene precisare che esistono anche specie che sembrano evitare l'utilizzo di caverne o ipogei, preferendo rifugi in alberi, manufatti e rocce.

È fondamentale chiarire che l'importanza della chiroterrofauna nei "Siti componenti" del World Heritage va ben oltre alla mera ricchezza in specie che vi si rinviene: da un punto di vista biogeografico i gessi dell'Emilia-Romagna rappresentano, infatti, una sorta di "arcipelago di habitat carsici" immersi in territori che, per evidenti ragioni geologiche, non presentano fenomeni adatti alle specie troglofile (ricordiamo che molti pipistrelli necessitano di ambienti ipogei, alcune specie almeno nella fase di svernamento). Dopo un inverno al sicuro nelle grotte che presentano quel microclima peculiare necessario ad una certa specie, dalle aree gessose dove hanno svernato i pipistrelli possono spostarsi durante la buona stagione, occupando aree ad una certa distanza (ad es. 15/30 km); durante l'autunno torneranno poi a visitare le cavità carsiche di cui hanno assoluta necessità.

In ogni caso, in Emilia-Romagna, ovunque ci sia gesso affiorante e carsificato, troviamo una biodiversità maggiore rispetto alle aree circostanti; questo vale non solo per i pipistrelli ma anche per molteplici habitat rupicoli e per numerose specie vegetali ed animali. Ricordiamo, inoltre, che per la sua natura geologica in Emilia-Romagna esiste una corrispondenza quasi biunivoca tra carsismo e gesso (non abbiamo altri affioramenti soggetti a significativi fenomeni carsici).

Per concludere, in Emilia-Romagna abbiamo questa speciale ed indissolubile combinazione: gesso/grotte/chiroterri. Per tali ragioni le aree carsiche gessose carsiche più significative ed estese, giustamente inserite nel Patrimonio Mondiale di UNESCO EKCNA, sono un evidente elemento portante di biodiversità dell'Emilia-Romagna che va ben oltre alla superficie (in fondo modesta) che occupano. I nostri gessi con la loro semplice presenza, la loro collocazione geografica discontinua e in qualche modo strategica, le straordinarie manifestazioni speleologiche che presentano e la presenza di diverse forme di tutela naturalistica sono di importanza ecologica imprescindibile per la chiroterrofauna dell'intero Appennino regionale e della vicina Pianura.



Il grande *Myotis* e il miniottero, specie iconiche dei Gessi Emiliani: sopra, con le grandi orecchie e l'addome chiaro, un grande *Myotis* (esistono due specie gemelle, *Myotis myotis* e *Myotis blythii*) mentre, sotto, un miniottero, specie capace di grandi spostamenti. L'immagine include simbolicamente due specie che sembrano avere imboccato destini opposti: il Miniottero sta infatti consolidando la sua presenza nel Bolognese; il grande e potente *Myotis*, al contrario, in pochissimi anni è praticamente scomparso in Emilia (Archivio Gypsum, foto Francesco Grazioli).

Microorganismi e speleotemi

L'idea che gli speleotemi non fossero solo oggetti inanimati ma che il loro sviluppo fosse in qualche modo connesso con il mondo vivente è stata oggetto di dibattito ricorrente sin dall'antichità. Però dalla metà dell'ottocento, l'idea dell'origine biologica delle concrezioni era stata del tutto abbandonata in favore di processi chimici esclusivamente inorganici.

Solo negli anni 70 del secolo scorso, a seguito dei primi studi sperimentali, si è compreso che, quanto meno, alcune particolari concrezioni (i pendenti agli ingressi delle grotte calcaree, alcuni tipi di moonmilk o le grandi stromatoliti della Jenolan Cave in Australia) erano in toto, o almeno in parte, il risultato di reazioni biochimiche governate da microorganismi (alghe, batteri ecc.). Ma è stato solo nel nuovo millennio che, grazie alle nuove tecnologie di indagine (microscopia elettronica, analisi isotopiche ecc.) è stato possibile evidenziare come in realtà il coinvolgimento attivo dei microorganismi nella formazione di molti, se non tutti, gli speleotemi è una costante e non un caso isolato.

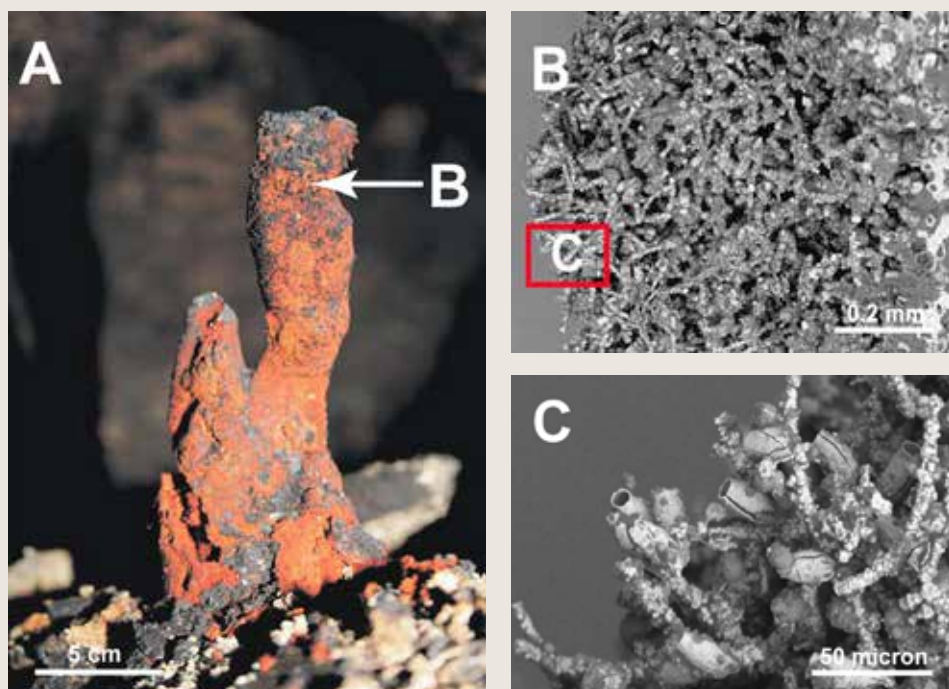
In questi ultimi anni, poi, si è progressivamente dimostrato che tutte le concrezioni di ferro e manganese in qualunque grotta, come, ad esempio, quelle di opale nelle grotte in quarzite e nei tubi di lava sono di origine biogenica. Inoltre, anche speleotemi comuni delle grotte calcaree come le digitazioni subacquee o addirittura anche alcuni tipi di pisoliti si sviluppano solamente grazie all'azione di microorganismi specifici.

Il motivo che conduce tutti i microorganismi a catalizzare la genesi e lo sviluppo degli speleotemi è sempre lo stesso: utilizzare i nutrienti liberati dall'interazione microbica con il substrato roccioso (durante la formazione della concrezione) per lo sviluppo e la crescita dei microorganismi stessi.

Oggi, questi processi sono sempre di più all'attenzione della ricerca scientifica di frontiera che cerca nuove sostanze antibiotiche o modi sempre più ecocompatibili per sfruttare le materie prime.

Ma in questi ultimi anni lo studio dei microorganismi in grotta ha suscitato un crescente interesse nell'ambito dell'astrobiologia. Gli ambienti sotterranei e le grotte, infatti, sono talvolta considerati analoghi di ambienti extraterrestri. In questo contesto, l'analisi di speleotemi di origine biologica nelle grotte può fornire importanti informazioni sull'eventuale esistenza, passata o presente, di microorganismi su altri pianeti, come Marte.

Tutto questo fa sì che, ancora una volta, le grotte stiano rivestendo un ruolo sempre più importante nel panorama scientifico mondiale.



A) Grotta Zoloushka (Ucraina): pseudo-stalagmite formata da ossidi di ferro cresciuti su una colonia di batteri filamentosi; B) immagine al microscopio elettronico di una sezione trasversale della pseudo-stalagmite che evidenzia la struttura biogenica della stessa; C) ingrandimento di B per mettere in evidenza le strutture biologiche fossilizzate dagli ossidi di ferro (Foto Viacheslav Andreychouk).