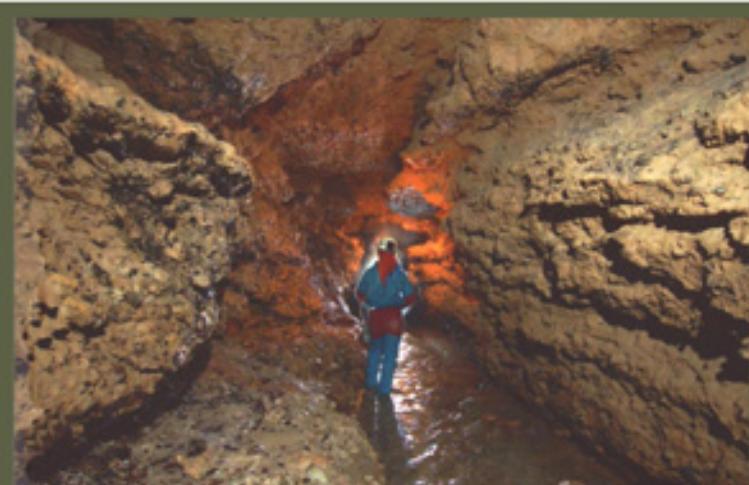


GLI ABITATORI DELLE GROTTE BIOSPELEOLOGIA DEL FRIULI

di Fabio Stoch



**GLI ABITATORI DELLE GROTTI
BIOSPELEOLOGIA DEL FRIULI**

Circolo Speleologico e Idrologico Friulano - Udine
Quaderno n. 1

Testi

Fabio Stoch

Foto

Marco Bodon: 43a

Andrea Colla: 55, 67

Adalberto D'Andrea: 10, 12, 13, 17, 23, 28a, 46, 54, 64, 65, 66, 70

Willy de Mattia: 42b

Luca Dorigo: 28b, 28c, 28d,

Dario Ersetti: 57a

Paolo Forti: 59

Fulvio Gasparo: 14, 20, 21, 26, 29, 44b, 52, 53, 68

Gianluca Governatori: 45, 51b

Luca Lapini: 30

Bruno Maiolini: 37

Paolo Morettin: 4, 27, 39, 49, 56b

Giuseppe Muscio: 15, 25, 57b

Enrico Pezzoli: 42

Rosa Romanin: 58, 60, 63

Beatrice Sambugar: 19, 44a

Fabio Stoch: 6, 33, 34, 35, 40, 41, 42a, 43b, 47, 48, 50, 51a

Stefano Zoia: 56a

Disegni

Roberto Zanella

Impaginazione e grafica

Giuseppe Muscio

La pubblicazione è stata realizzata con il contributo della Provincia di Udine - Assessorato all'Ambiente

GLI ABITATORI DELLE GROTTI
BIOSPELEOLOGIA DEL FRIULI

GLI ABITATORI DELLE GROTTI BIOSPELEOLOGIA DEL FRIULI

di Fabio Stoch



La biospeleologia

> Che cos'è la biospeleologia: un po' di storia

La biospeleologia è la scienza che studia la vita nelle grotte. Scienza recente, spesso trascurata, talvolta ingiustamente relegata a mera curiosità o ritenuta campo esclusivo degli "specialisti".

In realtà l'Uomo ha da sempre creduto che nell'oscurità delle grotte ci possa essere vita. Una vita nel buio, pertanto in una dimensione che sfugge alla percezione degli esseri umani, abituati a valutare l'ambiente con l'ausilio della vista. Un ambiente sconosciuto, da sempre ritenuto dimora di esseri fantastici, spesso crudeli e che solo di notte, quando appunto fa buio, potevano uscire dalle loro caverne.

Le tradizioni di tutte le regioni del mondo sono ricche di leggende popolate da streghe, draghi, fantasmi, orchi ed altri personaggi fantastici. In Friuli le anguane e le krivopete (streghe con i piedi rivolti all'indietro) abitano le grotte, soprattutto se ricche d'acqua, e i nomi popolari delle cavità ricordano queste arcai-

che presenze. Nel Foran des Aganis (sopra Prestento, nel Cividalese) si possono persino udire i mormorii delle anguane provenire dal profondo della grotta. E poco importa se quei mormorii altro non sono che il gorgogliare delle acque sotterranee; un po' di arcaico e irrazionale timore all'entrata di questa grotta si prova ancora oggi.

Ma l'uomo primitivo non era solo pauroso e credulone; sappiamo che era anche un esploratore ed un osservatore attento, che spesso ha trovato nelle grotte un ambiente sicuro dove rifugiarsi. Tanto osservatore da disegnare, oltre 30.000 anni fa, un piccolo animale cavernicolo. Ne troviamo la testimonianza in un'incisione prodotta su di un osso di bisonte, rinvenuto nella "Grotte des Trois-Frères" sui Pirenei: l'incisione rappresenta fedelmente una cavalletta cavernicola, molto comune anche nelle nostre grotte (un ortottero del genere *Troglophilus*). Forse la biospeleologia, come mera curiosità, ha origini molto più antiche di quello che pensiamo.

In Italia la prima osservazione di organismi cavernicoli risale addirittura alla seconda



Niphargus costozzae

metà del cinquecento, quando, in una lettera datata 1537 ed indirizzata a frate Leandro Alberti di Bologna, l'oratore e poeta vicentino Giovangiorgio Trissino citò alcuni "gamberetti picciolini" provenienti dal Covolo di Costozza sui Monti Berici. Sappiamo trattarsi di una specie acquatica di crostaceo anfipode, bianca e cieca (*Niphargus costozzae*), ancor oggi molto comune nell'area dei Covoli di Costozza, che all'epoca deve aver suscitato non poca curiosità.

Curiosità che nuovamente si fonde con la fantasia nel 1689: il barone Johann Weichard Valvasor descrive addirittura un "piccolo di drago" rinvenuto in una sorgente della Carniola (Slovenia). Si tratta del noto proteo (l'anfibio *Proteus anguinus*), che sarà però descritto "scientificamente" solo nel 1768 da Joseph Nicolaus Laurenti.

La specie verrà citata per la prima volta per il territorio italiano da Berni nel 1826, quando venne scoperta in alcuni pozzi, utilizzati

per l'approvvigionamento idrico, di Gradisca d'Isonzo.

Dalla descrizione del proteo iniziarono numerose le ricerche sugli animali cavernicoli, in particolare sul proteo stesso e sui pipistrelli, che, però, veri cavernicoli non sono.

La prima accurata descrizione scientifica di un invertebrato realmente cavernicolo venne effettuata da Ferdinand Schmidt che, nel 1831, descrisse *Leptodirus hohlenwerti*, un coleottero perfettamente adattato alla vita nell'ambiente sotterraneo scoperto nelle "Grotte di Adelsberg" (cioè le Grotte di Postumia) dal conte Franz von Hohenwart, cui la specie è stata dedicata. La successiva monografia che descrive scientificamente

altre specie di invertebrati delle stesse grotte è datata 1849, opera di un entomologo danese, Jørgen Matthias Christian Schiødte.

La biospeleologia era ormai nata, anche se dobbiamo aspettare il 1904 perché assuma il suo attuale nome (*Biospéléologie*), ad opera di Armand Virè, ed il 1907 perché, con la pubblicazione del saggio del rumeno Émile Racovitza (*Essai sur les problèmes biospéologiques*), abbia la dignità di una vera Scienza.

Dalla descrizione di nuove specie si passò anche allo studio della loro biologia, e comparvero i primi laboratori sotterranei, come quello dello stesso Virè a Parigi (distrutto da una piena della Senna nel 1910).

La prima raffigurazione del proteo nella pubblicazione di Laurenti (1768)



L'articolo di "Mondo Sottterraneo" nel quale Giuseppe Feruglio descrive, nel 1904, *Spelaeosphaeroma julium*

> La biospeleologia in Friuli

Nella prima metà del Novecento vennero pubblicati in Italia i primi lavori scientifici sulla fauna delle nostre grotte. Uno dei più famosi riguarda proprio una specie del Friuli: sul primo volume della rivista speleologica *“Mondo Sotterraneo”* (1904) troviamo, ad opera di Giuseppe Feruglio, il lavoro *“Lo Spelaeophaeroma julium. Nuovo crostaceo isopode cavernicolo”*. La specie (oggi nota come *Monolistra julia*) venne scoperta nelle acque sotterranee della Grotta Pre-Oreak, in Val Cornappo.

Poiché questo crostaceo presenta un interessante comportamento difensivo, consistente nell'appallottolarsi, in una lettera indirizzata a Renzo Cosattini il 29 aprile 1904, Feruglio richiese ulteriori esemplari e riportò alcune norme basilari della moderna ricerca biospeleologica volte a raccogliere informazioni sulla biologia della specie: *“Raccomando a chi di voi andrà a raccogliervi di camminare adagio e senza far rumore, e di osservare dopo averne presi alcuni se facendo baccano o scuotendo l'acqua si raggomitolino; se vivono strisciando sul fondo della pozza o sulla roccia, se ne esistono fuori dell'acqua, e se camminando tengono ferme o muovano le antenne e le antennule, se ve ne sono di accoppiate.”*

La scoperta della nuova specie fece scalpore nel mondo della speleologia friulana; le sue citazioni sono frequenti nelle riviste speleologiche dell'epoca, e non solo. Nel resoconto del *XXIV Congresso della Società Alpina Friulana* (pubblicato sul periodico *“In Alto”* il 1° settembre 1905) vengono riportati alcuni versi, decantati in occasione del brindisi dopo il pranzo sociale. Tra questi, nell'epitalamio *“per l'auspicatissimo connubio dell'Alpinismo con la Speleologia”*, letto dal cav. Fratini, si trova un verso “biospeleologico”:

“I ciechi *Protei* danzano
Entro gli stagni oscuri
E maliziosi godono
Di quei strani sussuri;
Lo *Spelaeosphaeroma
Julium* a quel fracasso
L'arrovesciato passo
Tronca di botto, e sta.”

A tanta popolarità non fanno seguito però, nell'immediato, nuove ricerche biospeleologiche. Dobbiamo aspettare vent'anni dalla pubblicazione del lavoro di Feruglio, nonostante l'enfasi con cui è stato accolto, per trovare alcuni studi, riguardanti soprattutto la Grotta Nuova di Villanova, scoperta nel 1925 e di facile percorribilità. In realtà le ricerche sulle grotte friulane languono per decenni, vuoi per uno scarso interesse per l'argomen-

to da parte degli speleologi locali, vuoi per l'errata convinzione che ben poche altre specie cavernicole rimanessero da scoprire. Convinzione errata poiché nel frattempo fervevano gli studi sul Carso triestino e isontino da parte degli entomologi triestini, in partico-

lare ad opera di Giuseppe Müller, divenuto in seguito direttore del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste.

Agli anni trenta seguì però un periodo di stasi anche negli studi biospeleologici sulle grotte del Carso classico, in parte dovuti al secondo



Il Ramo delle Cascade nella Grotta Nuova di Villanova (Fr 323)

conflitto mondiale, stasi che si protrasse sino alla fine degli anni '50.

Con questi anni possiamo affermare che si conclude la “prima fase”, pionieristica, della biospeleologia friulana.

La “seconda fase”, esplorativa, cresce a partire dagli anni '70, quando le ricerche riprendono con vigore, in particolare sulla fauna terrestre, mentre quasi tutto quello che oggi si sa sulla fauna acquatica deriva da ricerche iniziate solo alla fine degli anni '80. In questa “seconda fase” si delineano i popolamenti cavernicoli della nostra Regione, si inizia a discutere sull'origine e sulla composizione della fauna, si descrivono le principali specie endemiche, si comincia a delineare il quadro biogeografico nel quale la fauna stessa si colloca. Queste ricerche sono tuttora in corso e le scoperte si succedono oggi a ritmo frenetico, dimostrando che la fase biospeleologica esplorativa è ben lungi dall'essere conclusa anche in aree carsiche e cavità (come le stesse grotte Pre-Oreak e Nuova di Villanova) che si ritenevano fra le meglio conosciute ed indagate d'Italia.

Alla fine del '900 e nel nuovo millennio inizia lo studio dell'ecologia, della biogeografia e della moderna tassonomia degli animali cavernicoli (anche con l'aiuto delle sofisticate tecniche basate sull'esame del DNA), soprat-

tutto nell'ottica di una esigenza di tutela e conservazione. Esigenza che si è fatta sentire in modo marcato da quando, con l'emanazione della Direttiva Habitat da parte della Comunità Europea nel 1997, le grotte sono state riconosciute come “habitat di interesse comunitario”, cioè habitat che richiedono di essere protetti e conservati per le generazioni future nell'intero territorio della Comunità Europea. Nell'ottica di traghettare verso questa “terza fase” la ricerca biospeleologica friulana, riveste una grande importanza la divulgazione.

Portare alla conoscenza di un pubblico vasto le problematiche scientifiche legate alla fauna cavernicola, spiegarne anche l'importanza pratica nell'ambito del monitoraggio dello stato di conservazione degli ecosistemi e del livello di inquinamento delle acque sotterranee, è senz'altro il passo fondamentale per poter tutelare le grotte e la loro fauna.

In questa attività di divulgazione si inserisce il presente volumetto, che si propone di spiegare in modo semplice, ma rigoroso, lo “stato dell'arte” dell'attuale ricerca biospeleologica in Friuli, inserendola in un contesto ecologico e conservazionistico che travalica gli angusti spazi delle grotte a dimostrazione della stretta interconnessione tra questi ambienti, gli ecosistemi di superficie e gli esseri umani.

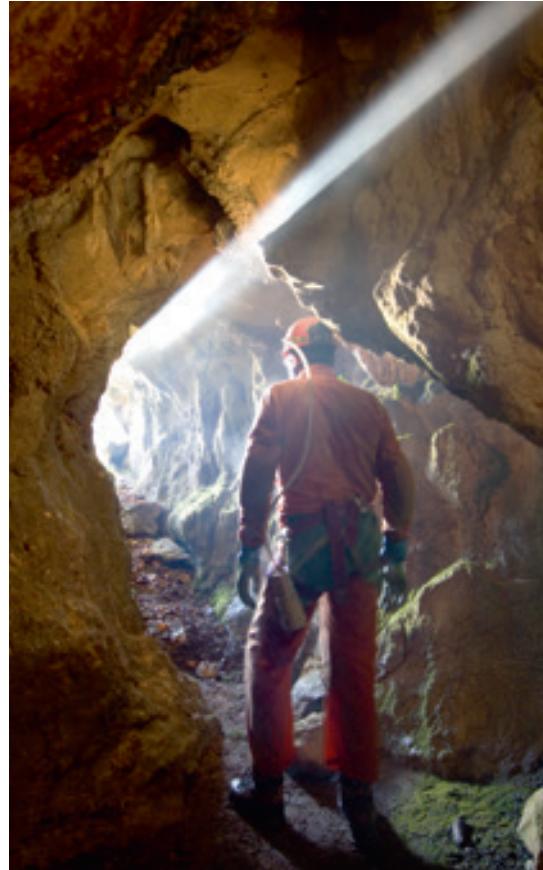


Le grotte come ecosistemi

> I fattori ambientali: cosa regola la vita nelle grotte?

La vita degli organismi cavernicoli è influenzata nettamente da numerosi fattori ecologici, tra i quali i più importanti sono l'assenza di luce, la costanza della temperatura, l'umidità elevata e la scarsità di nutrimento.

La luce. Sicuramente il fattore che più colpisce quando si visita una grotta è l'assenza di luce: ad essa consegue il fatto che, oltre una certa distanza dall'ingresso, mancano le piante verdi e pertanto l'ecosistema cavernicolo dipende, per la sua sopravvivenza, dall'apporto di materiale dall'esterno (spesso detrito di origine vegetale e, in minor misura, animale). Per numerose specie cavernicole la luce è un fattore limitante, mentre per altre non costituisce un problema. Molte specie cavernicole presentano una particolare avversione nei confronti della luce, spesso non sopportandone l'esposizione diretta per lunghi periodi. Inoltre, l'assenza di luce porta alla riduzione o scomparsa dei "*ritmi nictemerali*" (che regolano l'attività legata al susseguirsi del giorno e



L'ingresso della Grotta di Taipana (Fr 61)

della notte) in molti organismi cavernicoli. Per alcune specie, però, la luce non sembra rappresentare un fattore limitante. Già all'inizio del secolo era noto, ad esempio, che alcuni cavernicoli acquatici (come i crostacei anfipodi del genere *Niphargus*) si potevano raccogliere nelle sorgenti carsiche all'esterno delle bocche sorgentizie, e che non sempre questo era dovuto a trasporto passivo. Questi animali compiono infatti "migrazioni" dall'ambiente sotterraneo a quello di superficie per trovare una più sicura ed abbondante fonte di nutrimento.

Temperatura. Normalmente la temperatura di una grotta corrisponde alla media annua della temperatura esterna: è un parametro strettamente legato alla latitudine ed all'altitudine alla



Tegenaria silvestris è un ragno che trova all'ingresso delle grotte le condizioni ottimali di temperatura e umidità

quale si apre la cavità, e presenta limitatissime variazioni nel corso dell'anno nelle parti più interne della grotta. Anche l'andamento prevalentemente verticale od orizzontale e la presenza di più ingressi o di corsi d'acqua influenzano la temperatura interna di una grotta.

Il ruolo della temperatura come fattore limitante per gli organismi cavernicoli è controverso. Si è infatti notato che alcuni cavernicoli sopportano in laboratorio variazioni di temperatura di ben 20-25°C, mentre altri non li sopportano affatto. È ovvio che le esigenze termiche variano nelle diverse specie e sono in relazione al loro habitat, che va dalle fredde grotte d'alta quota sulle Alpi alle grotte relativamente "calde" vicine alla linea di costa. La costanza della temperatura, pur assumendo forse una rilevanza minore rispetto alla luce e all'umidità, può essere dunque considerata un fattore condizionante la vita negli ambienti sotterranei per numerose specie.

Umidità. Nelle grotte l'umidità è spesso vicina ai valori di saturazione (umidità relativa pari al 95-100%), e questo sembra essere uno dei fattori limitanti più importanti per i cavernicoli terrestri. È ben noto infatti ai biospeleologi come i tratti più secchi delle grotte, ove vi sono ad esempio correnti d'aria, siano quelli più poveri di fauna troglobia. L'umidità relativa agisce infatti sul metabolismo, sulla respirazione e sull'assorbimento di acqua attraverso la cuticola.

Abbondanza di nutrimento. Si ritiene in genere che la quantità di nutrimento sia molto bassa nelle grotte e che queste condizioni la sopravvivenza delle specie cavernicole. Sono noti molti adattamenti negli animali di grotta, cui accenneremo in seguito, volti ad operare un vero e proprio “risparmio energetico” per adattarsi ad un ambiente povero di risorse alimentari. Questo però non è sempre vero. In base alla disponibilità di risorse nutritive, le grotte possono essere classificate in varie categorie. Adottando una semplificazione, possiamo suddividere le grotte (o loro parti) in: *oligotrofiche*, con scarse risorse alimentari (scarsissime nelle grotte di montagna) *eutrofiche*, con ampia disponibilità di nutri-

mento, in genere costituita da accumuli di materiale organico, ad esempio il guano dei pipistrelli, o i cumuli di detrito vegetale veicolato dalle acque attraverso gli inghiottitoi *mesotrofiche*, cioè con quantità di nutrimento intermedie tra le categorie precedenti (la maggior parte delle grotte prealpine). Tuttavia, sono le grotte oligotrofiche e soprattutto quelle mesotrofiche le più ricche in specie cavernicole specializzate: spesso le grotte eutrofiche sono colonizzate da specie opportuniste, che costituiscono dense popolazioni che sfruttano le abbondanti risorse trofiche accumulate; ne sono un esempio i guanobi, che si cibano del guano, cioè escrementi di pipistrelli.



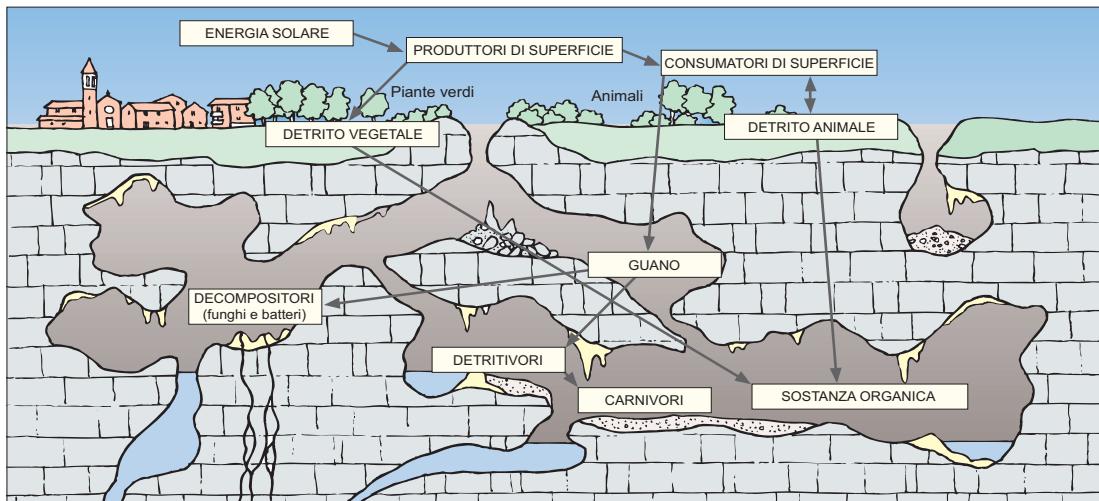
Gli accumuli di detrito vegetale (a sinistra) e di guano (a destra) sono i più importanti apporti di nutrimento nelle cavit ; le immagini sono state realizzate nella grotta Pre Oreak (Fr 65)

> La rete alimentare

Negli ambienti di superficie vi sono due distinte categorie di esseri viventi: gli autotrofi (comprendente i produttori, essenzialmente le piante verdi) e gli eterotrofi (comprendente i consumatori, cioè gli animali, ma anche funghi e molti batteri). Nelle grotte la componente autotrofa è, come vedremo, molto limitata e la sua distribuzione è relegata in genere ai primi metri dall'entrata, dove la luce penetra in maniera sufficiente a consentire lo sviluppo almeno delle alghe.

Nell'ambiente sotterraneo vero e proprio que-

sta componente è del tutto assente e le catene alimentari sono basate principalmente sul nutrimento proveniente dall'esterno. Questo viene infatti veicolato all'interno delle cavità sotto forma di detrito organico e pertanto alla base delle "piramidi alimentari" delle grotte si pongono i detritivori, consumatori primari di sostanze animali e vegetali in decomposizione. Questo detrito è presente sia nel terreno, sia nell'acqua dove può trovarsi in sospensione o depositato sul fondo. Gli anelli successivi della catena alimentare includono invece essenzialmente i predatori: si tratta di una rete alimentare semplificata.



La rete alimentare di una grotta dipende in buona parte dall'apporto di nutrimento dalla superficie

> **La biodiversità:**
cos'è e da cosa dipende

La biodiversità, di cui oggi molto si parla, è sostanzialmente la ricchezza di specie di una determinata area; altre definizioni più complesse includono i rapporti numerici tra le specie, ma nella sua formulazione più semplice possiamo dire che, più specie abitano una grotta, maggiore è la sua biodiversità.

Oltre a spiegazioni legate alla storia dell'area carsica, di cui ci occuperemo nel capitolo dedicato alla biogeografia, la biodiversità delle grotte dipende da fattori ecologici complessi.

Eterogeneità dell'habitat. La complessità strutturale dell'habitat, con la conseguente diversificazione dell'ambiente (presenza di fessure di diverse dimensioni e di aree a diversa circolazione idrica) crea la disponibilità di numerose nicchie spaziali che possono venir occupate dalle diverse specie e pertanto è direttamente proporzionale alla biodiversità di una grotta.

Area. L'estensione delle aree carsiche è importante, poiché aree più estese ospitano ovviamente un maggior numero di specie che possono arricchire anche le comunità locali; in sostanza, grotte situate in aree carsiche più estese possono essere più ricche di specie di grotte di pari dimensioni, ma situate in aree carsiche più piccole.



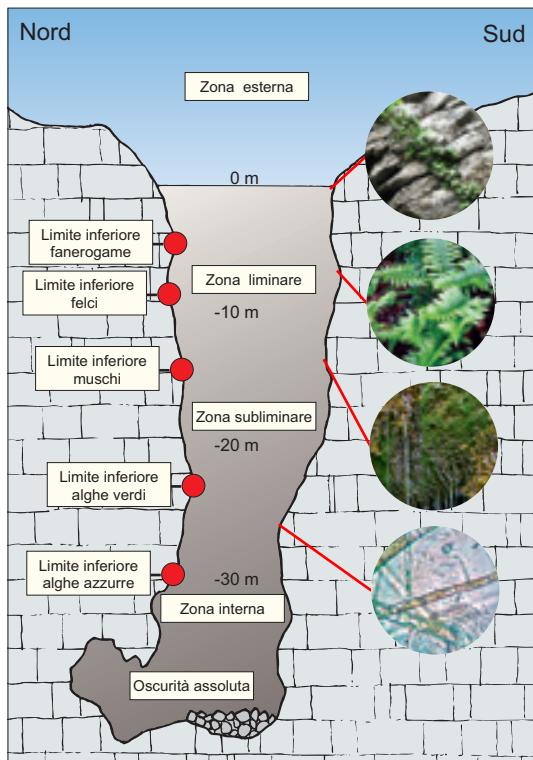
Tratto concrezionato nella Grotta Mitica (Fr 2907): l'eterogeneità e la complessità dell'habitat sono fattori direttamente correlati con la ricchezza di specie

Produttività e disponibilità di risorse. Ambienti ricchi di risorse dovrebbero ospitare faune più ricche, ma non sempre è così. È noto che grotte molto povere di risorse (oligotrofiche) ospitano faune più povere, ma il numero di specie cavernicole tende a diminuire superata una certa soglia di disponibilità alimentare, decrescendo negli ambienti troppo ricchi di risorse (eutrofici) ove prevalgono specie non strettamente cavernicole. Pertanto, la maggior ricchezza di specie cavernicole si riscontra in genere nelle grotte mesotrofiche.

> La vegetazione all'imboccatura delle grotte

Le voragini e le doline presentano una vegetazione piuttosto particolare; la rapida variazione delle condizioni ambientali dà origine al ben noto fenomeno di “*stratificazione inversa*” della flora. La dolina o la voragine può infatti essere paragonata ad una montagna capovolta la cui sommità corrisponda al fondo dell'imbuto. Le pareti di questo gigantesco imbuto presentano una distribuzione della flora simile quella che si può osservare risalendo i pendii di un'alta montagna; nelle doline più profonde possiamo addirittura incontrare sul fondo il ghiaccio perenne.

L'imboccatura di grotte e pozzi carsici può essere considerata come una fascia di transizione (*ecotono*) tra l'ambiente di superficie e quello sotterraneo. In relazione all'intensità della luce, le grotte possono venir suddivise in almeno tre diverse zone: la zona dell'ingresso (“*liminare*”), dove vivono ancora le fanerogame (cioè le piante con fiore), con una intensità luminosa ridotta fino a 1/500 di quella esterna; la zona di transizione (“*subliminare*”), caratterizzata dalla dominanza di felci nella parte più esterna, di muschi ed epatiche in quella più interna, con intensità luminosa ridotta fino ad 1/1000; la zona interna, dove



Zonazione della vegetazione in un pozzo carsico in funzione dell'intensità della luce

sopravvivono le sole alghe microscopiche che possono tappezzare le pareti di macchie verdastre o nerastre sin dove la luce è pari a 1/2000 della luce solare esterna; oltre c'è l'oscurità assoluta: qui sopravvivono solo alcuni funghi, che non sono però dei vegetali, non svolgendo la fotosintesi clorofilliana.

Questa “*seriazione*” della vegetazione, particolarmente evidente nel caso dei pozzi verticali, è dovuta alla richiesta di acqua da parte dei meccanismi riproduttivi dei vegetali che vivono nelle diverse zone. La riproduzione delle alghe, che presenta complessi cicli, con alternanza di fasi sessuate e asexuate, è indissolubilmente legata alla presenza di acqua. Con i muschi e le epatiche la fase sessuata prevale su quella asexuata: la piantina che noi osserviamo porta infatti le cellule sessuali, maschili e femminili, legate all’acqua per la fecondazione; le spore (portate in urne su piccoli filamenti), che daranno origine alle nuove piantine, possono venir veicolate dal vento e pertanto sono slegate dall’acqua per continuare il ciclo. Nelle felci accade invece l’opposto: la fronda che noi

osserviamo reca le spore sulla pagina inferiore, e fa parte dunque della fase asexuata, slegata dall’acqua; la fase sessuata, legata all’acqua, è invece ridottissima. Infine, nelle piante con fiore, le fanerogame, il ciclo riproduttivo, ben noto a tutti, si attua indipendentemente dalla presenza dell’acqua.

Poiché la sequenza alghe - muschi ed epatiche - felci - fanerogame ricalca la sequenza dell’evoluzione delle piante nel corso delle ere geologiche, il botanico triestino Livio Poldini ha notato un parallelismo di grande valore didattico: risalendo dal fondo di una voragine carsica verso la superficie, idealmente ripercorriamo le tappe dell’evoluzione delle piante, che hanno colonizzato le terre emerse slegandosi progressivamente dalla presenza dell’acqua per la riproduzione.



Polypodium gr. vulgare (felce dolce) e *Phyllitis scolopendrium* (lingua cervina) si sviluppano nella zona subliminare, ancora rischiarata dalle tenui radiazioni luminose



Troglophilus neglectus

Gli habitat dei cavernicoli

> Gli habitat terrestri

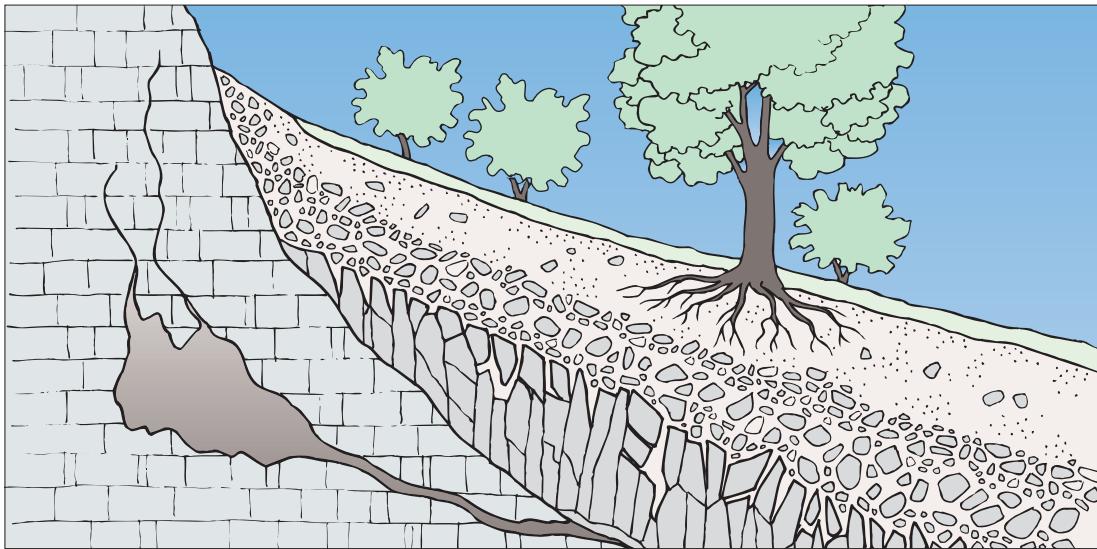
A lungo i biospeleologi hanno pensato all'ambiente cavernicolo come costituito dalle sole grotte accessibili all'uomo. Con il progredire degli studi è stato però compreso che le grotte sono solo una piccola parte del mondo sotterraneo, formato in realtà anche da tutto un reticolo di microfessure che permea la roccia calcarea e spesso costituisce il principale habitat degli organismi cavernicoli.

Limitandoci invece all'esame di una grotta nella sola sua parte percorribile, possiamo distinguere vari habitat terrestri, ognuno dei quali ospita una fauna del tutto particolare. Il primo è certamente quello costituito dai grandi spazi, dalle gallerie che possono ospitare anche animali di più grandi dimensioni come i pipistrelli. All'interno di questi ambienti è possibile individuare almeno tre zone. Nella zona dell'ingresso si possono incontrare, a seconda del periodo dell'anno, diversi animali di superficie che vi trovano rifugio; non si tratta in genere di vere specie cavernicole, ma spesso di opportunisti. Dalla zona di penom-

bra fino alla parte iniziale della zona oscura sulle pareti si incontra un insieme di specie che costituiscono la cosiddetta "associazione parietale", tra cui sono comuni ragni, ditteri, lepidotteri, ortotteri, tricoteri: qui si mescolano i veri cavernicoli con gli ospiti occasionali.



Il lepidottero *Triphosa dubitata* è un caratteristico membro dell'associazione parietale



Le grotte costituiscono solo una piccola parte dell'ambiente ipogeo

Sugli accumuli di guano troviamo i “guanobi”, in genere organismi opportunisti che sfruttano questa importante risorsa alimentare. Infine, nella zona più profonda della grotta, dove la temperatura è costante, l’umidità è elevata ed il buio totale, si incontrano i veri cavernicoli: si possono trovare tra il terriccio, sotto i sassi, sulle stalagmiti, nei pressi dei legni marcescenti o dove si accumulano le foglie. Molti dei piccoli invertebrati che vivono in questa zona frequentano anche il cosiddetto ambiente sotterraneo superficiale, o epicarso. Si tratta di un habitat costituito dall’insieme di microfes-

sure nella roccia fratturata situato sotto l’ultimo orizzonte del suolo, che spesso mette in collegamento le grotte con il resto del reticolo carsico. Recenti studi hanno dimostrato che alcune specie di insetti passano diversi periodi dell’anno in questo ambiente, frequentando le grotte solo in determinate stagioni.

Al di sopra di questo habitat troviamo l’ambiente endogeo, che comprende la porzione di suolo fino alla base delle radici, e presenta legami stretti con l’ambiente sotterraneo superficiale e con le grotte fornendo loro sostanza organica: siamo però ormai in superficie.

> **Gli habitat acquatici**

L'acqua che permea un massiccio carbonatico prende il nome di acquifero carsico. All'interno di un questo acquifero possiamo distinguere due diverse componenti distinte dalla modalità di circolazione delle acque. La componente *trasmissiva*, tipica dei sistemi fortemente carsificati, è costituita dalle fessure e gallerie di maggiori dimensioni, ove l'acqua scorre con velocità anche elevate. La

componente *capacitiva* è caratterizzata invece da una circolazione idrica in fratture medie o piccole, con varie ramificazioni, spesso adiacenti al sistema trasmissivo, dove si formano piccole sacche di acqua calma. Se il sistema trasmissivo pone forti limiti alla sopravvivenza delle specie sotterranee, la situazione è diversa nel sistema annesso capacitivo, dove la velocità di corrente è bassa, l'accumulo di sostanza organica e di particelle inorganiche considerevole, tutte



Vaschetta nella Grotta Mitica (Fr 2907)

caratteristiche che lo rendono idoneo ad ospitare una ricca fauna sotterranea.

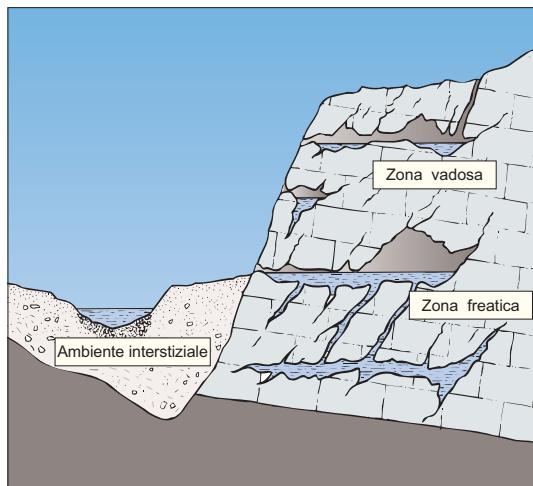
Procedendo dalla superficie in profondità, gli acquiferi possono essere suddivisi in insaturi e saturi.

Nella parte superiore di un sistema carsico ci troviamo in quella che in termini tecnici viene definita “*zona vadosa*” (insatura): in questa zona le fessure del reticolo carsico non sono perennemente occupate dall’acqua, ma il grado di saturazione dipende dalle precipitazioni. La circolazione dell’acqua è prevalentemente verticale: dalla superficie l’acqua percola nell’epicarso (lo strato in parte disgregato di rocce calcaree che si trova immediatamente sotto l’esiguo suolo), dove si accumula a formare riserve idriche anche consistenti: è questo l’habitat principale di molti organismi acquatici.

L’acqua attraversa poi gli strati rocciosi sottostanti e perviene nella cavità sotto forma di stillicidio. L’acqua di percolazione si raccoglie in: *laghetti*, la cui formazione è favorita da un tamponamento impermeabile e che possono essere perenni; *gours*, cioè pozze in concrezione, periodiche in funzione delle precipitazioni; *microgours*, cioè raccolte d’acqua in concrezione di piccolissime dimensioni (da pochi millimetri a qualche centimetro), dove si raccoglie l’acqua che percola lungo le

pareti stalagmitiche; *pozzette* o *pozzanghere*, quando le raccolte d’acqua si formano sul terreno argilloso.

Nonostante all’apparenza si tratti di habitat piuttosto inospitali e nessuna forma di vita sia in genere visibile a occhio nudo (se escludiamo qualche crostaceo anfipode), le acque di percolazione sono popolate da un elevato numero di specie animali appartenenti a svariati gruppi tassonomici; le dimensioni di questi organismi vanno dai tre decimi di millimetro a circa cinque millimetri, ma certi organismi possono superare il centimetro di lunghezza quando l’ampiezza delle fessure lo consenta.



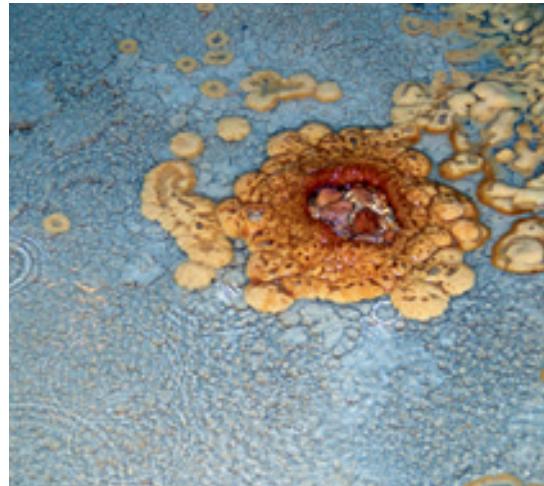
Tipologie di acque sotterranee

Quando le acque di percolazione intercettano uno strato impermeabile, ad esempio uno strato di rocce marnoso-arenacee (“flysch”), come in molte delle grotte delle Prealpi Giulie, si originano ruscelli sotterranei, talora intervallati da laghetti o sifoni. Si parla di acque “localmente sature”: la loro fauna è solitamente molto diversa da quella dell’epicarso e delle acque di percolazione. Spesso sul fondo dei ruscelli si accumulano ghiaia e sabbia, a costituire quello che viene detto “ambiente interstiziale”: un habitat che ospita una fauna molto particolare, costituita da organismi di piccole dimensioni, spesso allungati per poter muoversi tra i minuscoli spazi esistenti tra i granelli di sedimento.

Gli acquiferi carsici saturi (“zona satura” o “zona freatica”, perennemente invase dalle “acque di base”) sono spesso caratterizzati dalla presenza di ampi spazi idrici (fiumi sotterranei o laghi): non a caso vi si rinvencono gli organismi di maggiori dimensioni (dell’ordine di alcuni centimetri), come grossi crostacei e il proteo. Le acque della zona satura permeano l’intero massiccio carsico e fuoriescono da imponenti risorgive; ne troviamo classici esempi nel Carso Triestino, ove fuoriescono principalmente alle Bocche del Timavo, e nelle Prealpi Carniche, ove troviamo l’imponente risorgiva del Gorgazzo.

> Gli habitat artificiali

Accanto alle cavità naturali, esistono quelle artificiali, realizzate cioè dall’uomo (miniere, gallerie di cava, gallerie di guerra, cisterne, acquedotti, cantine, etc.). Numerosi studi faunistici sono stati condotti su questi particolari ambienti a partire dal XIX secolo e testimoniano l’interesse delle cavità artificiali per la biospeleologia. Particolare interesse assumono le cavità artificiali scavate in rocce carbonatiche poco carsificabili, che permettono di aprire una “finestra” attraverso la quale l’uomo può affacciarsi su ambienti altrimenti inaccessibili.



Pozza con concrezionamento nella Miniera di Cludinico



Gli animali cavernicoli

> Classificazione ecologica degli animali delle grotte

Gli organismi che frequentano le grotte in realtà sono un insieme di specie che presentano differenti gradi di fedeltà all'ambiente sotterraneo; è per questo motivo che sin dalla metà dell'Ottocento (il primo lavoro "moderno" su questo tema risale al 1854 ad opera di Schiner) sono state proposte classificazioni che tengano conto delle caratteristiche adattative di ciascuna specie.

Si distinguono oggi tre categorie principali di animali presenti in grotta, recentemente (giugno 2008) ridefinite dal biospeleologo sloveno Boris Sket in chiave esclusivamente ecologica.

Troglosseni: si definiscono troglosseni quegli organismi la cui presenza in grotta è sporadica e accidentale. Ne costituiscono un esempio gli animali trasportati negli inghiottitoi dalle acque durante le piene o caduti nei pozzi; sono dunque organismi che poco hanno a che fare con l'ambiente sotterraneo, ma che possono talvolta costituire una importante fonte di nutrimento per i cavernicoli

predatori o saprofagi. Alcune specie troglossene presentano una maggior propensione ad essere rinvenute nelle grotte, ricercandovi condizioni idonee di temperatura ed umidità, che possono trovare però anche in altri ambienti, come semplici ripari sotto le pietre o nei muschi umidi; talvolta questi organismi sono definiti "troglosseni regolari".

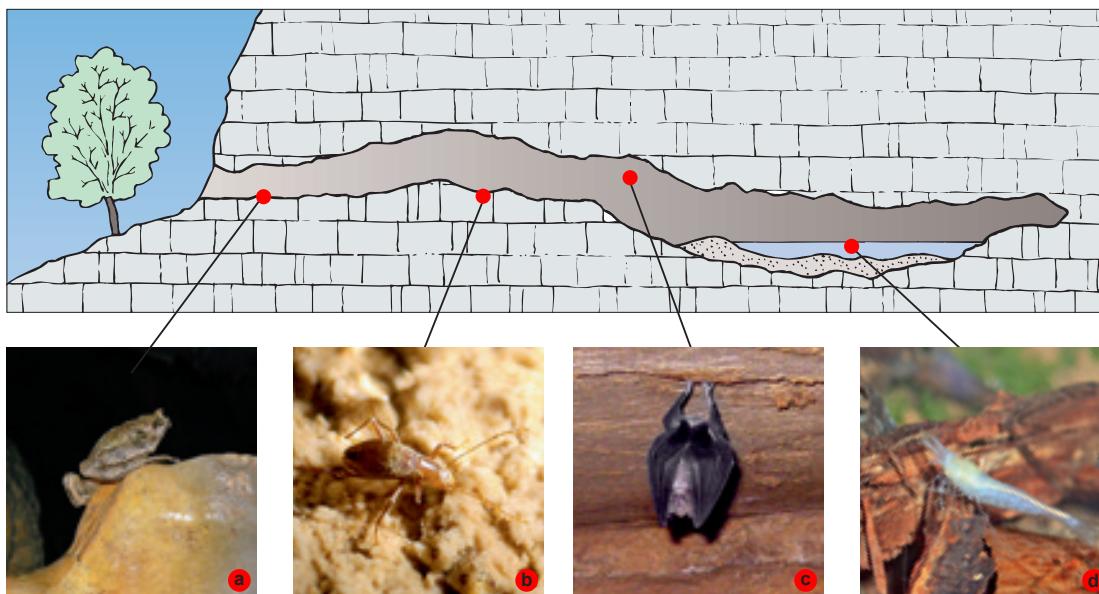
Troglofili: sono organismi presenti con regolarità nelle grotte, seppure si tratta sostanzialmente di specie di superficie. Si distinguono a loro volta in due gruppi: i *subtroglofili* abitano le grotte regolarmente o solo in alcuni periodi della loro vita, ma rimangono legati alla superficie per alcune funzioni biologiche (ad esempio per nutrirsi); gli *eutroglofili* mostrano una netta preferenza per le grotte e particolari adattamenti che consentono ad alcune popolazioni di vivere permanentemente nell'ambiente sotterraneo, pur potendo altre popolazioni della specie vivere e riprodursi anche all'esterno.



Troglobi: si tratta di organismi (intere specie o popolazioni) esclusivamente legati all'ambiente di grotta; questi animali mostrano gli adattamenti più spiccati (morfologici e fisiologici) all'ambiente cavernicolo e compiono all'interno delle grotte il loro intero ciclo vitale. Si usa in genere definire "veri cavernicoli" solo i troglobi e gli eutroglofilo; il rapporto tra queste due categorie e le altre due (subtroglifili e trogllosseni regolari) viene definito "indice di specializzazione" e serve a dare un'idea di quanto sia "specializzata" alla vita

cavernicola la fauna di una determinata area carsica. Riprenderemo questo concetto parlando della biogeografia.

Per gli organismi acquatici sotterranei, indipendentemente dal fatto che vivano in acque carsiche, in acque che permeano i terreni alluvionali o che scorrono in altri tipi di rocce, si usano spesso i termini *stigosseni*, *stigofili* e *stigobi*, di analogo significato. Si tratta di termini ricchi di fascino in quanto derivati dal mitico Stige, il fiume che le anime dei morti devono traghettare per entrare nell'Oltretomba.



Trogllosseni (a), troglobi (b), subtroglifili (c) e stigobi (d) possono occupare nicchie spaziali diverse in una stessa cavità

> Gli adattamenti nei troglobi

Gli organismi cavernicoli si sono adattati alle particolari condizioni di vita al buio nel corso di milioni di anni di evoluzione, anche se altri organismi (ad esempio quelli che vivono nel suolo o negli abissi marini) possono presentare adattamenti analoghi pur senza essere cavernicoli.

Adattamenti morfologici e fisiologici.

L'allungamento degli arti e delle appendici è uno degli adattamenti più evidenti, atto a migliorare il loro ruolo tattile in un ambiente dove l'oscurità è totale; ad esso è seguito anche lo sviluppo degli organi di senso (recettori chimici, di umidità, ecc.) e l'allungamento delle setole tattili.

Un altro caratteristico adattamento è lo sviluppo inconsueto della superficie addominale e delle elitre che, in alcuni coleotteri più specializzati, assumono un aspetto globoso: questo adattamento (che in termini tecnici è detto "*falsa fisogastrìa*") è da mettere in relazione con la respirazione ed il bisogno di aria umida. Ma sicuramente gli adattamenti più cospicui e noti sono quelli legati alla depigmentazione (cioè alla mancanza di colore) e all'assenza degli occhi: i veri cavernicoli si riconoscono facilmente poiché sono pallidi e ciechi.

Accanto a questi importanti adattamenti se ne aggiungono altri: il metabolismo ridotto, l'aumento del volume delle uova e la riduzione del loro numero, che consentono di vivere e riprodursi al meglio in ambienti poveri di cibo, risparmiando energia.

Neotenia. Un caso di adattamento peculiare e molto ben studiato è quello del proteo, noto soprattutto per la neotenia (obbligatoria ed irreversibile). Il proteo raggiunge cioè la maturità sessuale pur mantenendo caratteri larvali, tra cui spiccano le branchie esterne rosse,



L'assenza di occhi è un preadattamento alla vita nelle grotte, come in questo diplopode eutroglofilo (*Brachydesmus subterraneus*)

che conserverà per tutta la vita. Il proteo depone 20-80 uova, una alla volta nell'arco di circa un mese, attaccate sulle rocce e sotto le pietre dei corsi d'acqua e dei laghi sotterranei ove vive. Le larve, grigiastre, possiedono occhi ben distinti sino all'età di circa due



Proteo (*Proteus anguinus*)

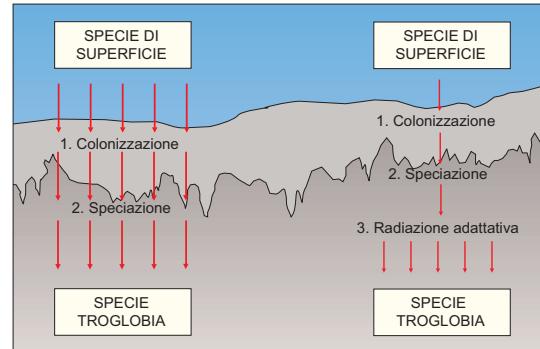
mesi. In natura la riproduzione avviene raramente prima del decimo anno di età, ed il proteo è noto per la sua longevità che può senz'altro superare i 20 anni.

La scoperta di una sottospecie (*Proteus anguinus parkelj*) oculata e pigmentata (il famoso "proteo nero"), avvenuta in Slovenia nel 1994, geneticamente affine alle popolazioni stigobie della stessa area, mostra quanto i suoi eccezionali adattamenti possano essere stati in realtà acquisiti in tempi abbastanza rapidi.

Progenesi. Diverso dalla neotenia, anche se può portare a risultati simili, è il processo della progenesi, attraverso il quale alcuni caratteri dell'adulto vengono anticipati nello sviluppo; conseguentemente, l'adulto, maturo sessualmente, conserva caratteristiche tipiche dello stadio giovanile o larvale. Questo adulto spesso è di piccole dimensioni, con minor numero di segmenti corporei (se trattasi di organismo "metamerico", cioè dal corpo segmentato) di quanti ne avrebbe avuti se il suo sviluppo avesse seguito il percorso tradizionale. La progenesi si osserva frequentemente ad esempio nei crostacei stigobi, che traggono vantaggio a rimanere piccoli per potersi muovere ad esempio nelle anguste microfessure della roccia calcarea, o negli interstizi dei sedimenti ghiaiosi e sabbiosi.

> Come si sono originati i troglobi?

Molto si è di recente dibattuto, in convegni e riviste scientifiche, sull'origine della fauna troglobia. Sostanzialmente vi sono due grandi teorie a confronto. La prima si basa sull'idea che i cavernicoli siano per lo più “*relict*” di una antica fauna e le grotte costituiscano dei “*rifugi*” dove questi animali possono essere sfuggiti agli effetti devastanti dei grandi cambiamenti climatici (in primo luogo alle glaciazioni quaternarie). La seconda si basa invece sul principio della “*colonizzazione attiva*” delle grotte da parte degli organismi di superficie che vi trovano nicchie libere e minor competizione. L'interesse dei modelli di rifugio presso i biospeleologi è stato notevole, in quanto rispondevano ad una importante domanda: perché gli organismi sono penetrati nelle grotte, cioè in un ambiente così ostile? In realtà tutti gli ambienti ostili della terra, dai ghiacci del polo ai deserti, agli abissi marini ospitano una fauna; allo stesso modo devono pertanto comportarsi le grotte, che non sono poi così speciali né ostili. Il modello di rifugio negli ultimi anni è stato pertanto affiancato al modello della colonizzazione attiva, che spiega tra l'altro anche la presenza di cavernicoli nelle aree tropicali (ove, ad esempio, l'effetto delle glaciazioni non si è fatto sentire in modo



Colonizzazione e speciazione danno origine, con due diverse modalità, alle specie troglobie

marcato) e i numerosi casi osservati di colonizzazione delle cavità sotterranee che sono stati documentati come attualmente in corso. Affinché si originino delle vere specie cavernicole, alla fase di “*colonizzazione*” delle grotte deve però seguire la fase di “*speciazione*”, cioè la nascita di una nuova specie, esclusivamente sotterranea, ben distinta da quella di superficie. La speciazione nelle grotte è sempre dovuta ad isolamento, che porta come conseguenza alla formazione di numerose specie “*endemiche*”, la cui distribuzione è cioè limitata ad una ristretta area geografica, spesso ad un solo massiccio carsico, talvolta ad una sola grotta. È questo uno dei motivi principali per i quali le grotte sono considerati tra gli ambienti naturali più ricchi di specie rare ed endemiche, e pertanto meritevoli della massima tutela.

> Biogeografia della fauna cavernicola

La biogeografia è quella scienza che si propone di spiegare il ruolo che i fattori storici ed ecologici hanno avuto nell'origine dell'attuale distribuzione geografica degli organismi e nell'assemblaggio delle faune. Uno dei campi della biogeografia è studiare lo "spettro corologico" di una data fauna, cioè classificare gli organismi in categorie che tengano conto del loro areale di distribuzione ("categorie corologiche") e vedere come questi incidano sulla composizione della fauna.

Da un punto di vista biogeografico, la fauna delle grotte del Friuli Venezia Giulia è costituita in primo luogo da un cospicuo numero di specie endemiche (soprattutto numerose nella fauna terrestre, in particolare tra i coleotteri), ad areale cioè ristretto; in genere si tratta di specie diffuse dalla Slovenia al Tagliamento o, più raramente, sino al Veneto orientale (endemiti prealpini orientali). Accanto a queste specie legate all'arco alpino orientale, ne troviamo altre il cui areale è limitato ad una sola delle aree montuose (Carniche, Giulie, Carso classico) della Regione, o talora ad un singolo massiccio montuoso o ad una singola grotta, anche se in quest'ultimo caso potrebbe trattarsi di una carenza di ricerche. Si tratta in genere di specie di origine "antica",

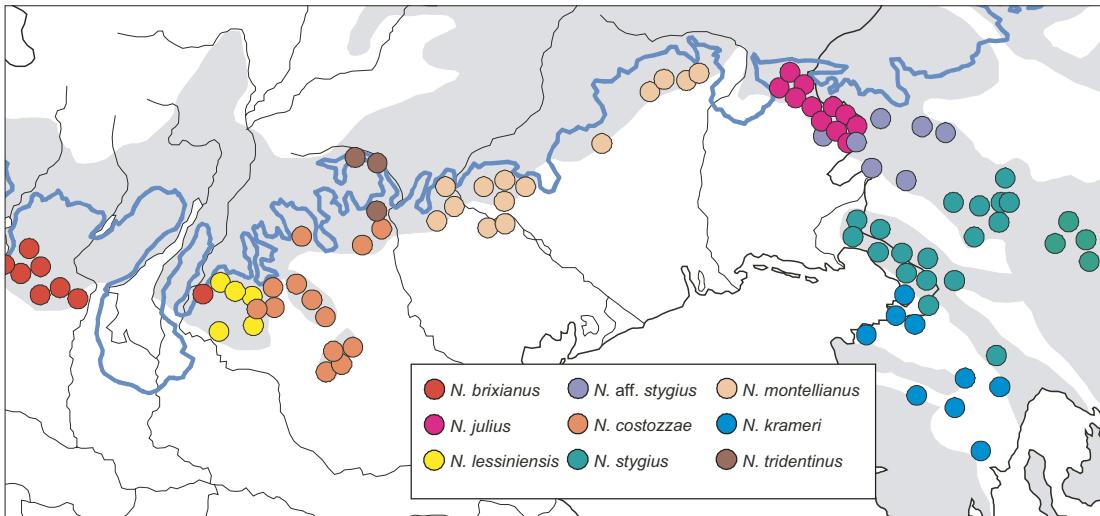
pre-aternaria, come testimoniato spesso dalla loro totale assenza (con le dovute eccezioni) nelle grotte poste a Nord della linea tracciata dall'ultima glaciazione pleistocenica. A questo nucleo di specie se ne aggiungono altre a distribuzione alpino-orientale e alpino-dinarica (cioè il cui areale si estende ad Est sino ai Balcani); questi diversi areali di distribuzione convergono in Friuli a costituire un popolamento biogeograficamente complesso. I principali "contingenti" (seguendo la terminologia dei biogeografi) che avrebbero dato origine al popolamento delle grotte friulane sarebbero sostanzialmente due: un contingente di specie nordiche, spinte verso Sud dall'avanzare delle glaciazioni pleistoceniche e che ne hanno seguito il ritiro verso Nord nel postglaciale, ed un cospicuo contingente dinarico, proveniente da SE, da cui si è originata la maggior parte delle specie endemiche. Alcune specie acquatiche di piccole dimensioni possono raggiungere areali di distribuzione anche piuttosto ampi; si tratta di popolamenti giunti nell'area presumibilmente mediante dispersione postglaciale attraverso le falde freatiche. Le glaciazioni quaternarie hanno pertanto agito sulla fauna cavernicola delle nostre montagne in modo drastico, cancellando spesso ogni traccia del popolamento pre-glaciale. Per questo motivo il popolamento cavernicolo delle

aree alpine è decisamente più povero di quello delle aree prealpine. Anche l'“*indice di specializzazione*” di cui si è detto, che si attesta nelle aree prealpine attorno al 70%, è più basso nelle grotte alpine (60% o meno), poiché specie subtroglifile o troglossene hanno occupato nel post-glaciale (sostanzialmente negli ultimi 10.000 anni) le nicchie lasciate libere da un popolamento pre-glaciale, oggi scomparso. Ma alcune tracce di questo popolamento esistono ancora in alcune aree: si tratta dei “*relitti glaciali*”, interessanti specie, spesso endemiche, sopravvissute in “aree di rifugio” rimaste libere dai ghiacci all'interno dell'arco alpino. Se ne trovano interessanti esempi tra i coleotteri.



Sopra: *Niphargus montellianus*

Sotto: Distribuzione nelle aree carsiche dell'Italia nord-orientale (aree grigie) di alcune specie di *Niphargus* in relazione al limite meridionale raggiunto dai ghiacciai wurmiani (linea blu)





Lo studio degli animali cavernicoli

> Perché e come raccogliere

Le raccolte di organismi cavernicoli possono essere effettuate per conoscere quali sono le specie che popolano una determinata cavità (studi faunistici) o per il prelievo di individui di una o più specie al fine di effettuare poi degli studi in laboratorio. Un altro motivo per cui si possono effettuare delle raccolte in grotta è lo studio ecologico delle comunità cavernicole. Esempi di questo tipo di ricerche sono gli studi sulla dinamica di determinate popolazioni durante certi periodi o le analisi sulle modalità di utilizzo della grotta da parte di una o più specie nel tempo e le interazioni tra di esse. Un altro campo recente di applicazione è lo studio degli organismi come bioindicatori di determinate condizioni ambientali, soprattutto come indicatori della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento o dello stesso grado di inquinamento delle acque carsiche sotterranee. La condizione fondamentale, per questo tipo di studi, è che i prelievi siano standardizzati e quindi ripetibili nel tempo e comparabili tra loro. Non sempre però è necessario prele-



Gli studi faunistici sono integrati dal rilevamento dei principali parametri ambientali

vare gli organismi per effettuare questi studi. Talora, per le specie di maggiori dimensioni, è infatti possibile effettuare dei conteggi e delle marcature direttamente in grotta senza arrecare eccessivo disturbo agli animali. Accanto agli studi che si possono effettuare utilizzando animali conservati o direttamente in campo su animali liberi, vi sono molte ricerche che possono essere condotte sugli animali tenuti in allevamento. Si tratta per lo più di studi che richiedono la disponibilità di strutture specialistiche: i laboratori di biospeleologia.

> **Cercare i cavernicoli terrestri**

Per la fauna terrestre, raccolte di questo tipo possono essere effettuate mediante la “ricerca diretta” utilizzando delle pinzette entomologiche (molto morbide per non rovinare gli esemplari), un aspiratore (per gli organismi piccoli e veloci) ed un pennellino (per quelli ancora più minuti). Nel caso di specie difficilmente rinvenibili con la ricerca diretta, si possono usare delle esche che, poste in alcuni punti della grotta e riparate sotto delle pietre, attireranno diversi

animali, nonché i loro predatori. Ottimi attrattivi si sono rivelati la carne, il pesce, il formaggio forte e la frutta marcescente, lasciati sul posto non meno di una settimana. Sono sicuramente da sconsigliare, tranne nel caso di particolari e giustificate ricerche scientifiche, le trappole a caduta che, se lasciate in loco per lungo tempo, possono provocare morie di massa di animali cavernicoli. Per la raccolta di animali che si nascondono nel terriccio e nel guano, si può utilizzare il selettore Berlese o altre tecniche che possiamo trovare su riviste specializzate.



Raccolta di organismi cavernicoli terrestri mediante pinzette entomologiche

> La ricerca delle specie stigobie

La fauna delle acque carsiche sotterranee può venir studiata con metodiche più specialistiche e differenziate a seconda che l'indagine riguardi le acque di percolazione o quelle di base. La caccia a vista è senz'altro un metodo efficace per la cattura degli esemplari di maggiori dimensioni, che possono essere raccolti con le pinzette o con piccoli retini da acquario. Il metodo però fornisce solo le specie più grandi e trascura la frazione più importante della fauna, costituita da organismi di piccole dimensioni molto difficili da individuare ad occhio nudo: questi possono essere raccolti solo mediante filtraggio dell'acqua. Strumento indispensabile a questo scopo è il retino da plancton, in tessuto di nylon a maglie molto fitte (0.07-0.1 mm), munito di bicchierino terminale in cui si raccolgono i detriti e gli organismi quando l'acqua viene filtrata.

Nella zona vadosa si usa lasciare dei contenitori di raccolta dell'acqua di stillicidio, che vengono periodicamente svuotati nel retino, o che dispongono essi stessi di una reticella per permettere la fuoriuscita dell'acqua in eccesso trattenendo gli organismi. Si può inoltre filtrare l'acqua delle pozzette di stillicidio nel retino raccogliendola talora con una



Raccolta di organismi stigobi mediante captazione e filtraggio delle acque di stillicidio

siringa o con una peretta di gomma. Nei ruscelli si dispone il retino con la bocca controcorrente e si rimuove il detrito a monte, raccogliendo il sedimento che viene trascinato dalla corrente.

Nei sifoni e laghetti, infine, si procede filtrando l'acqua con il retino, ma avendo sempre cura di smuovere il detrito di fondo e raschiare le pareti. Talora, negli spessi depositi ghiaiosi dei torrenti di alcune cavità, è opportuno usare le tecniche che si adoperano per le acque interstiziali dei fiumi di superficie (tecnica Karaman-Chappuis), che consiste nello scavare una buca nel sedimento poco distante dalla riva e raccogliere e filtrare nel retino l'acqua interstiziale che vi si accumula. Per raccogliere i nicchi di molluschi in questi ambienti è necessario prelevare sufficienti quantità di sedimento che verranno poi esaminate in laboratorio.

Infine anche nello studio della fauna acquatica si possono usare trappole: semplici barattoli di conserva, senza tappo, in cui si pone l'esca (in genere un pezzetto di carne fresca o salumi) che, lasciati sul posto per una giornata, attirano i grossi crostacei, talora in gran numero. Per questo motivo è necessario usare piccole quantità di esca (per evitare la decomposizione con conseguente consumo di ossigeno e moria degli animali), rimuovere

le trappole al massimo dopo 1-2 giorni, lasciare aperti i barattoli ed evitare assolutamente l'uso di nasse che, se dimenticate, analogamente alle trappole a caduta, potrebbero causare morie di massa di specie rare e localizzate.

> Conservazione e studio del materiale

Per fissare il materiale raccolto si usa sempre alcol al 70-80%. Per i coleotteri si usano provette con trucioli di sughero imbibiti di etere acetico e successivamente il materiale va preparato a secco, seguendo le tecniche raccomandate nei manuali di entomologia.

La determinazione e lo studio degli esemplari raccolti, previo smistamento in laboratorio, è compito degli specialisti. È pertanto del tutto inutile raccogliere materiale se non si sono preventivamente presi accordi con specialisti per il loro studio. Naturalmente fondamentale è che ogni tubetto rechi al proprio interno un'etichetta (a matita o china, su carta resistente) che annoti: nome della grotta e suo numero di catasto, località esatta dove si apre la cavità, punto della cavità ove il materiale è stato raccolto, data, nome del raccoglitore. Materiale privo di queste indicazioni è sprovvisto di ogni valore scientifico e può essere tranquillamente gettato!

> **L'etica nella biospeleologia**

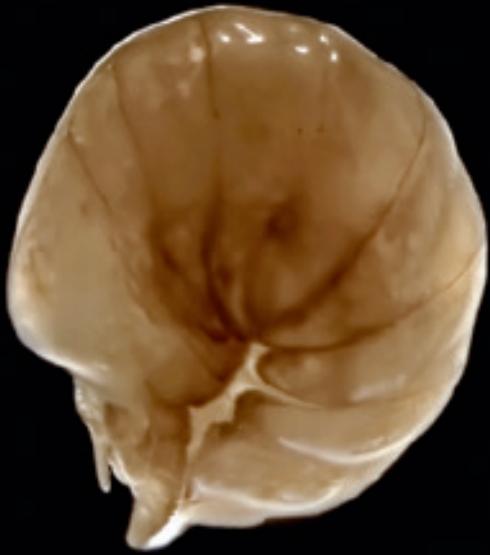
La raccolta occasionale a scopo scientifico di invertebrati in una grotta indubbiamente non arreca alcun danno alle comunità sotterranee, poiché sappiamo che la grotta è soltanto una “finestra” su un vasto sistema di microfessure e gli organismi che vi possiamo raccogliere sono solo una piccola frazione di quelli esistenti. Ben altra cosa sono invece i trappolamenti o i campionamenti ripetitivi: è noto che le trappole possono causare morie di specie rare e, se dimenticate, potrebbero addirittura

estingerle in un sito. Questo metodo di studio va pertanto utilizzato con attenzione e sempre e solo da parte di persone esperte.

Un discorso diverso meritano invece i vertebrati, ed in particolare i pipistrelli ed il proteo, per i quali esistono precise norme di legge (dalla Direttiva Habitat alla Convenzione di Berna) che ne vietano il disturbo, la raccolta, l'uccisione, la detenzione e la commercializzazione nonché il danneggiamento dei siti di sosta e riproduzione. Qualsiasi trasgressione a queste norme va segnalata alle autorità competenti.



Troglophilus cavicola: lo studio di questa specie utilizza metodi (marcaggio e ricattura) che non danneggiano le popolazioni



La fauna cavernicola del Friuli

> Platelminti

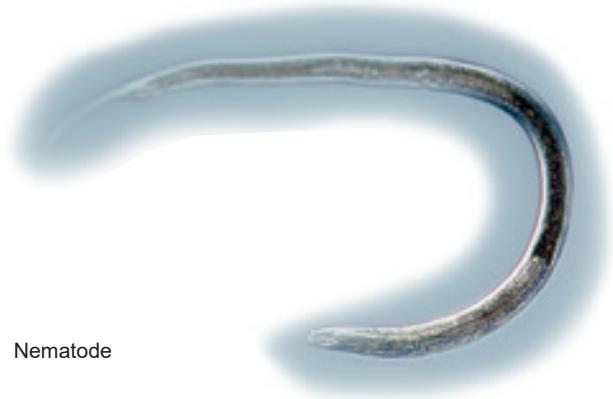
Le planarie (“vermi piatti”), comprendono numerose specie diffuse soprattutto nelle acque dolci e in quelle marine, ma anche nel suolo umido; sono particolarmente numerose nelle sorgenti e nei tratti a corrente veloce dei ruscelli alpini e delle rogge di risorgiva. Strisciano sui ciottoli o sulle rocce e sono dei voraci predatori di altri piccoli invertebrati.

Le specie di acque sotterranee, del tutto incolori e prive di organi visivi sono poco frequenti. *Dendrocoelum collinii* è una planaria bianca (non supera il centimetro di lunghezza) che si può incontrare con una certa facilità nelle acque dei ruscelli che percorrono la Grotta Nuova di Villanova (Prealpi Giulie).

> Nematodi

Si tratta di un phylum di organismi vermiformi dall'aspetto molto caratteristico, per il corpo molto sottile e allungato, spesso appuntito alle estremità.

Si tratta di un gruppo molto ricco di specie (oltre 100.000), che vivono nelle acque dolci



Nematode

e marine, nel suolo, o come parassiti su altri invertebrati o su vertebrati.

A causa del numero di individui talora molto elevato, anche nelle grotte, il loro ruolo dovrebbe essere fondamentale nel funzionamento degli ecosistemi cavernicoli, ma sinora non sono stati fatti studi in proposito.

Le piccole dimensioni e le difficoltà nell'identificazione di questi organismi hanno finora costituito un ostacolo al loro studio; sinora nelle nostre grotte non sono stati segnalati troglobi, ma solo specie ad ampia valenza ecologica.

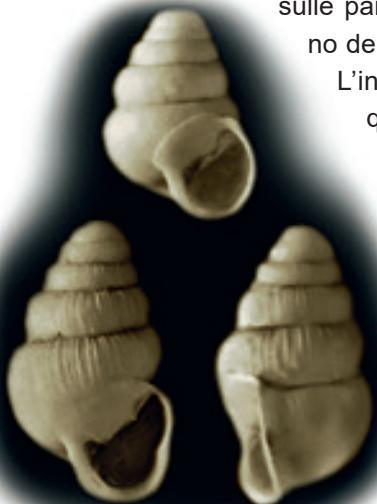
> Molluschi

Solamente i gasteropodi hanno colonizzato, con poche specie, le nostre grotte e le acque sotterranee, anche se non è raro osservare accumuli di detriti e fango frammisti a numerosi nicchi di molluschi. Si tratta però di materiale proveniente dall'ambiente esterno, magari trascinato nelle grotte dalle acque di percolazione.

Le specie troglobie terrestri appartengono tutte al genere *Zospeum*, di piccole dimensioni (al massimo un paio di millimetri). Il nicchio è biancastro, talora diafano e trasparente; l'animale non presenta macchie oculari. Le specie di *Zospeum* vivono nelle zone più umide delle grotte, sulle pareti e all'interno delle fessure.

L'interesse per queste specie risale alla seconda

*Zospeum
isselianum*
(in alto) e
Z. spelaeum
(in basso)



metà dell'800, quando Carlo Pollonera, insigne studioso di molluschi, consigliò agli speleologi di allora di spazzolare le pareti delle grotte facendo cadere il detrito (e gli animali) in scatoline; un altro metodo consisteva nel cercarli nel detrito accumulato nelle anse dei fiumi ("posature") provenienti da aree carsiche. La classificazione delle specie di *Zospeum* è complessa ed è stata oggetto di ricerche recenti. In Friuli sarebbero frequenti *Zospeum isselianum* e *Z. spelaeum*, diffusi anche in Slovenia. *Zospeum alpestre* potrebbe essere presente in alcune grotte della catena del Monte Musi (Prealpi Giulie).

Accanto ai gasteropodi troglobi ne troviamo in grotta, specie in vicinanza dell'ingresso, molti altri, talora predatori e di maggiori dimensioni. *Aegopis gemonensis*, come ben spiega il nome, è un troglodite presente nelle grotte delle Prealpi centro-orientali.

Nelle sorgenti e nelle acque carsiche sotterranee troviamo talora numerosi gli idrobioidei. Anch'essi molto piccoli (2-3 mm), possiedono conchiglie di forma varia, talora molto allungate ("spira elevata"), tal'altra piatte e discoidali ("spira depressa"). Mentre alcune specie stigofile presentano areali abbastanza ampi,



*Aegopis
gemonensis*



Gasteropodi dei generi *Iglica* e *Phreatica* (in alto) e *Hauffenia* (in basso)

come *Graziana pupula* e *Bythinella opaca*, quasi tutte le specie stigobie sono endemiche. Ricordiamo i generi *Iglica* e *Phreatica*, dalla conchiglia allungata, e *Hauffenia* e *Hadziella*, discoidali. *Hauffenia tellinii*, una delle specie più diffuse, è stata descritta dal Pollonera nel 1898 e dedicata all'insigne geologo e naturalista friulano Achille Tellini.

> Anellidi

Agli anellidi appartengono numerosi animali dall'aspetto vermiforme (anche i lombrichi ne fanno parte), terrestri, d'acqua dolce e marini, per lo più detritivori o filtratori.

Tra i policheti, anellidi essenzialmente marini, due specie stigobie hanno colonizzato le acque dolci sotterranee e sono di grande interesse per la biogeografia.

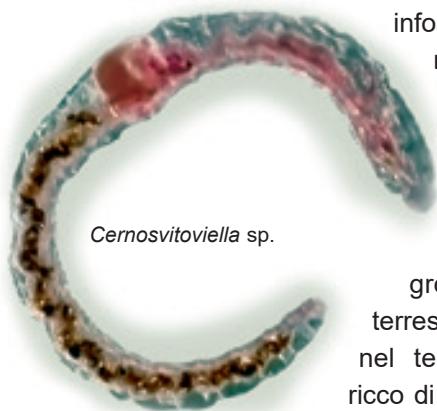
Il piccolo *Troglochaetus beranecki* si è anticamente originato da progenitori che facevano parte dello "psammon" (il popolamento delle

sabbie) dei mari terziari, da dove ha invaso le acque dolci interstiziali. La sua straordinarietà consiste nell'abilità di dispersione, testimoniata dalla sua vasta distribuzione in Europa e America settentrionale. Rarissimo in Italia, è stato recentemente rinvenuto nel Fontanon di Riu Neri ("La Rimine") nell'alta valle del Fiume Tagliamento. L'altra specie, *Marifugia cavatica*, assente in Friuli, è comune nella Venezia Giulia, e merita di essere ricordata per i suoi tubuli, lunghi anche oltre 1 cm, che letteralmente tappezzano le pareti delle grandi gallerie del Timavo sotterraneo.

Tra gli oligocheti troviamo specie detritivore o che si cibano della microflora fungina e batterica nei sedimenti e nel detrito in decomposizione. Sono tra gli organismi più frequenti nelle nostre grotte, anche se sovente le dimensioni minute e le abitudini schive e "fossorie" (tendenti cioè a



Oligocheti enchitreidi



Cernosvitoviella sp.

infossarsi nei sedimenti) ne rendono difficile l'osservazione. Ad essi appartengono anche i grossi lumbricidi, terrestri, molto comuni nel terreno umido e ricco di materia organica alla base dei pozzi carsici, ritenuti trogllosseni regolari o semplici endogei. Ma sono le specie acquatiche, più minute, a costituire gli elementi stigobi più interessanti: esse rivelano talora affinità esclusivamente con generi marini. Il genere *Abyssidrilus*, tanto per citarne uno dal nome significativo, conta rappresentanti marini accanto ad una specie rinvenuta nella Grotta di Papipano (Valli del Natisone). Agli anellidi appartengono infine gli irudinei o sanguisughe; solamente la specie *Dina kraensis* penetra nelle nostre grotte come stigofila e vi si rinviene talora abbondante. Di grandi dimensioni (sino a 7-8 cm) non si nutre affatto di sangue (come il termine "sanguisughe" potrebbe far credere): si tratta di un predatore di altri invertebrati acquatici, assolutamente innocuo per l'uomo.

> Aracnidi

Palpigradi. Ordine di aracnidi terrestri piccoli e ciechi, inconfondibili per la presenza di un lungo filamento, detto "flagello", all'estremità dell'addome. Poco noti e studiati, sono predatori di altri piccoli invertebrati.

Ragni. Inconfondibili nell'aspetto, predatori, sono presenti nelle nostre grotte con numerose specie di superficie, che penetrano nelle cavità come trogllosseni o troglofili a ricercare le idonee condizioni di temperatura e umidità. I ragni sono molto frequenti in prossimità degli ingressi, ove tessono tele alle pareti o fra i sassi. Tra le specie più comuni, ma meno legate all'ambiente cavernicolo, ricordiamo *Pholcus phalangioides*, che costruisce ragnatele rade e irregolari anche nelle cantine delle case, e i rappresentanti del genere *Tegenaria*, con le caratteristiche tele ad imbuto.

Più legati alle grotte sono le comunissime *Meta menardi* e *Metellina merianae*, subtroglofile, e l'eutroglofilo *Nesticus idriacus*, presente in Friuli e in poche grotte venete, che presenta riduzione oculare.



Meta menardi

Tra le poche specie troglobie, ricordiamo le endemiche *Troglohyphantes juris* e *T. scientificus*; quest'ultimo deve curiosamente il suo nome al fatto di essere stato raccolto la prima volta nella sala contenente apparecchiature scientifiche nella Grotta Nuova di Villanova. Infine, i ragni più specializzati sono quelli del genere *Stalita*, presente con due specie sul Carso triestino e goriziano e di recente segnalato anche in Friuli, nella sola Grotta di Canebola (Prealpi Giulie). In questi ragni molto specializzati, gli organi visivi scompaiono del tutto e si sviluppano i "tricobotri", setole allungate che consentono di percepire gli spostamenti dell'aria.

Pseudoscorpioni. Gli pseudoscorpioni, o "falsi scorpioni", sono aracnidi molto simili ai ben noti scorpioni; se ne differenziano per l'assenza della "coda" e dell'aculeo velenifero. Le dimensioni sono però molto più

piccole di quelle degli scorpioni, variando dai 2 mm delle specie di superficie (che vivono nella lettiera, sotto le pietre o le cortecce) agli 8 mm di alcune specie cavernicole. Sono tutti predatori, nutrendosi di altri piccoli invertebrati che catturano con le chele, che nelle

specie troglobie più specializzate sono molto allungate. Tra i generi segnalati nelle grotte friulane, contano specie cavernicole, talora endemiche, *Chtonius*, *Neobisium* e *Roncus*.

Opilioni. Facilmente confondibili con i ragni dall'osservatore meno preparato, gli opilioni se ne differenziano per avere l'addome saldato alla parte anteriore del corpo per tutta la larghezza, mentre nei ragni è attaccato con un sottile peduncolo. Sono aracnidi predatori o saprofagi, molto comuni nelle grotte friulane come stigofili, di cui costituiscono un elemento importante dell'associazione parietale. Poche le specie troglobie, appartenenti al genere

Ischyropsalis, come *I. muellneri* che è presente nelle grotte delle Alpi e Prealpi Giulie; predilige grotte fredde ed è un predatore di chiocchie.

Acari. Si tratta di aracnidi di piccole o piccolissime dimensioni (da 3 cm a 0,1 mm), presenti praticamente in tutti gli ambienti e possono essere predatori, necrofagi, fitofagi, commensali e parassiti di altri animali, sia invertebrati che vertebrati. Nelle grotte si possono incon-



Roncus assimilis



Ischyropsalis muellneri



Il torrente sotterraneo della Grotta Pod Lanisce (Fr 573) ospita ostracodi, copepodi, isopodi e anfipodi stigobi

trare sui depositi di guano o nei pressi di accumuli di materiale organico, ma anche sul terreno, sotto le pietre o nelle fessure della roccia. In Friuli sono poco noti e non sappiamo se ve ne esistano di veri troglobi. Interessanti sono anche i parassiti dei pipistrelli (genere *Ixodes*), cavernicoli occasionali che possono però compiere in grotta l'intero ciclo vitale.

> Crostacei

Ostracodi. Classe di piccoli crostacei (0,5-2 mm nelle acque sotterranee), molto ricca di specie, caratterizzata dal corpo racchiuso in un "carapace bivalve" (di forma ovoidale, trapezoidale o a fagiolo) che li rende inconfondibili ("ostracodi" deriva dal greco "ostracos" = "conchiglia"). Questo fatto rende gli ostracodi di grande interesse per gli studi di paleogeografia, poiché i carapaci si conservano nei sedimenti e fossilizzano: l'elevato numero di specie fossili, accanto alla grande varietà di specie viventi, permette di studiare in dettaglio i meccanismi dell'evoluzione. Nonostante il loro interesse e la loro elevata frequenza nelle acque sotterranee, gli ostracodi stigobi sono poco studiati e numerose specie aspettano ancora di essere scoperte. Una specie di grande interesse è la minuta (0.5 mm) *Sphaeromicola stammeri*, che vive

da commensale su crostacei isopodi stigobi del genere *Monolistra*, presente pressoché in tutte le cavità attive dell'arco prealpino. Allo stesso genere viene ascritta anche una specie commensale su crostacei marini, a testimonianza della supposta discendenza da antenati marini sia di questi ostracodi sia dei loro ospiti.

Copepodi. Considerati da alcuni al rango di classe, da altri studiati come sottoclasse dei maxillopodi, i copepodi includono oltre 13.000 specie descritte. Durante la loro lunga storia evolutiva, i copepodi si sono diffusi in tutti i continenti, colonizzando con successo ogni habitat acquatico. I copepodi comprendono dieci ordini, dei quali quattro contano rappresentanti stigobi e due di questi (i ciclopidi e gli arpatticoidi) sono diffusissimi nelle grotte friulane. Questi ultimi sono tutti di piccole dimensioni (0.2-1 mm); il corpo distintamente diviso in due parti (prosoma e urosoma) e la caratteristica presenza di due rami caudali (la cosiddetta "furca")

Nitocrella psammophila





Speocyclops sp.

li rende inconfondibili. I maschi si distinguono facilmente dalle femmine per avere le prime antenne modificate e conformate a organi di presa idonei ad afferrare la femmina durante l'accoppiamento. Dalle uova (portate dalla femmina in sacche ovigere) nasce una larva detta "nauplio". Vi sono ben sei stadi naupliari e ad ogni stadio l'organismo "muta" liberandosi del vecchio involucro. Dopo la quinta muta, il nauplio si trasforma in un'altra larva, il copepodite, più simile all'adulto.

Seguono quindi altri cinque stadi prima di raggiungere lo stadio adulto, maturo sessualmente. I copepodi sono filtratori, detritivori o anche predatori, talora onnivori. Tra i ciclopidi e gli arpatticoidi stigobi troviamo sia specie esclusive della zona freatica, sia specie legate alla zona vadosa, ove abitano il reticolo di microfessure e si rinven-gono frequenti nei gours.

Tra i ciclopidi, il genere *Speocyclops*, come ben dice il nome, è tra i più diffusi nelle grotte, ove popola le pozzette di stillicidio, accanto

alle specie di *Diacyclops* e *Megacyclops* che vivono nei laghetti e nei ruscelli. Tra gli arpat-ticoidi, dal corpo più allungato, troviamo innu-merevoli specie, quasi tutte endemiche di singole aree carsiche (come quelle dei generi *Nitocrella*, *Elaphoidella*, *Lessinocamptus* o i minuti rappresentanti del genere *Parastenocaris*, lunghi non più di tre decimi di millimetro).

Batinellacei. Sono note oltre 200 specie di questo ordine della classe dei malacostraci, tutte stigobie.

Si tratta di un gruppo di origine molto antica, forse già ben diversificato sin dal Paleozoico, era durante la quale avrebbe coloniz-zato dal mare le acque dolci.

In Friuli la fauna a batinella-cei è stata poco studiata; sono frequenti nelle acque di percolazione e nell'inter-stiziale dei ruscelli sotterra-nei le specie del genere *Bathynella*, di dimensioni non superiori ai due milli-metri.



Bathynella sp.

Isopodi. Si tratta di un ordine di malacostraci che conta oltre 10.000 specie diffuse in ambienti terrestri, d'acqua dolce e marini, o che si sono adattate alla vita da parassiti.

Gli isopodi hanno colonizzato le grotte a partire dal mare, dalle acque dolci superficiali o dal suolo. Gli isopodi si presentano con una grande varietà di forme.

hanno secondariamente colonizzato anche l'ambiente terrestre col sottordine degli oniscoidei, cui appartengono i noti "porcellini di terra". Le specie delle grotte friulane necessitano di ulteriori studi e la loro classificazione rimane problematica; vi prevalgono quelle del genere *Androniscus*, con prevalenza delle specie *A. dentiger* e *A. noduliger*.

Anfipodi. Come gli isopodi, cui sono affini, anche gli anfipodi sono un ordine di malacostraci, con circa 6.000 specie marine, d'acqua dolce e, in piccola parte, semiterrestri. Gli anfipodi hanno colonizzato le acque carsiche sotterranee del Friuli a partire presumibilmente dalle acque dolci di superficie e vi hanno subito una eccezionale "radiazione adattativa". Sappiamo che una decina delle oltre 250 specie note del genere *Niphargus* sono presenti nelle grotte friulane.

Si tratta forse degli stigobi più noti anche agli speleologi, poiché alcune specie possono raggiungere dimensioni ragguardevoli (superando talora i tre centimetri di lunghezza) e possono essere facilmente osservate nelle pozze fangose e nei ruscelli. La loro classificazione è difficile e controversa, e rappresentano per i tassonomi uno dei gruppi più "difficili" da studiare della nostra fauna.

Accanto alle specie di maggiori dimensioni (*Niphargus julius* e due altre specie simili nelle



Monolistra julia

Tra le specie acquatiche le più note sono quelle del genere *Monolistra*, di antica origine marina, forse miocenica, caratterizzate dalla possibilità di appallottolarsi per proteggersi dai predatori o per farsi trasportare dalla corrente. *Monolistra julia* è endemica delle Prealpi Giulie, mentre *Monolistra lavalensis* è esclusiva delle Prealpi Carniche; le loro dimensioni superano il centimetro.

Più piccoli i rappresentanti del genere *Proasellus* (3-5 mm), diafani, dal corpo depresso e allungato; vivono nei ruscelli sotterranei e nell'ambiente interstiziale; *Proasellus intermedius* è la specie più diffusa. A differenza degli altri crostacei, gli isopodi



Niphargus julius

Prealpi Giulie, *Niphargus montellianus* in quelle Carniche) ve ne sono altre più minute (alcune, come *Niphargus similis*, *N. transitivus* e *N. ruffoi*, lunghe 3-5 mm).

> Chilopodi e diplopodi

I chilopodi (noti comunemente come “centogambe” o “centopiedi”) sono facilmente distinguibili dagli altri artropodi che gli assomigliano (i diplopodi) poiché ogni segmento corporeo porta un unico paio di zampe (15 o più paia negli adulti), mentre nei diplopodi (come dice il nome) ne porta due. Nelle grotte friulane non è infrequente *Eupolybothrus tridentinus*, subtrogllofilo o trogllofilo opportunistico; l'unica specie trogllobia in Regione (*E. obrovensis*) si trova invece sul Carso triestino. Tutti i chilopodi sono voraci predatori.

Nella classe dei diplopodi (o “millepiedi”) troviamo animali frequenti sia nell'ambiente endogeo che all'interno delle grotte. I diplopodi trogllobi, depigmentati, ciechi e con antenne allungate, si nutrono di detrito vegetale o sono saprofagi. Nelle grotte sono pertanto più frequenti dove vi sono tronchi o foglie marcescenti, e nelle zone più umide. Ricordiamo la specie trogllobia *Trachysphaera fabbrii*, endemica di poche grotte delle Prealpi Giulie, caratterizzata da un numero ridotto di segmenti corporei e dalla capacità di arrotolarsi a palla (“volvazione”) come gli isopodi del genere

Popolano tutte le cavità ove vi sia una seppur minima attività idrica, anche vadosa, dai fondovalle prealpini sino ai reticoli carsici posti a

quote elevate (*Niphargus strouhali* è stato trovato sul Monte Coglians oltre i 2000 m di quota), colonizzati seguendo il ritiro dei grandi ghiacciai quaternari.

Le specie del genere *Niphargus* rivestono un ruolo importante nell'ambito degli ecosistemi sotterranei, dove sono onnivori o fungono da grossi predatori. Occupano tutte le nicchie disponibili, dall'ambiente interstiziale alle microfessure nelle rocce carbonatiche e non, ai corsi d'acqua, laghetti e sifoni sotterranei, sino alle condotte carsiche di maggiori dimensioni; alcune specie sono molto resistenti al disseccamento dei bacini ove abitano, e possono sopravvivere in cellette nel suolo umido.



Niphargus similis



Trachysphaera fabbrii

Monolistra o alcuni oniscoidi (porcellini di terra) di cui si è detto. *Brachydesmus subterraneus*, il diplopode più facilmente osservabile nelle grotte friulane, è invece una specie troglifila.

Brachydesmus subterraneus



> Collemboli e dipluri

La classe dei collemboli comprende artropodi di piccole dimensioni (1-2 mm) numerosi nelle grotte; tuttavia, si tratta un gruppo ancora poco studiato. Nei collemboli, molti dei quali fanno parte della fauna del suolo, la depigmentazione e la scomparsa degli occhi non è una caratteristica esclusiva delle specie troglobie. I collemboli si vedono comunemente “saltellare” sulla superficie delle piccole vaschette d’acqua, sfruttando il fenomeno della “tensione superficiale”, o sul suolo umido. Questo comportamento è dovuto alla presenza di un singolare apparato addominale (la “furcula”) che, scattando all’indietro, come una molla provoca un notevole salto dell’animale.

I dipluri sono una piccola classe di artropodi depigmentati, privi di occhi, allungati e forniti di lunghe antenne; raramente oltrepassano un centimetro di lunghezza. Dall’ultimo segmento dell’addome si dipartono i “cerci” che possono essere lunghi e filiformi (nei campoidei) o conformati a pinza (negli iapigidi), e vengono in tal caso usati per catturare le prede.

Sono ospiti frequenti delle grotte, sebbene siano da considerarsi troglifili.

> Insetti

Ortotteri. Gli ortotteri (detti anche “saltatori”) comprendono i grilli e le cavallette. Le specie cavernicole sono in genere saprofaghe, ma non sono infrequenti la predazione e il cannibalismo. I principali adattamenti negli ortotteri che vivono nelle nostre grotte sono, oltre alla parziale depigmentazione, l’allungamento dei palpi e la riduzione o scomparsa delle ali.



Troglophilus cavicola

Il genere *Troglophilus* comprende tutte le cavallette cavernicole del Friuli, diffuse e localmente abbondanti come membri dell'associazione parietale e pertanto facilmente osservabili; vi si distinguono due specie, *T. neglectus* e *T. cavicola*, che possono localmente convivere.

Un'altra specie frequente è *Gryllomorpha dalmatina*, più piccola e con le zampe saltatorie più corte.

Gli ortotteri cavernicoli sono considerati troglotteri; non di rado, infatti, la notte si spostano al di fuori delle grotte, frequentando il sottobosco. Facilmente si incontrano nelle cantine o in altri ambienti sotterranei bui e umidi.

Tricotteri. Insetti acquatici allo stadio larvale, volatori da adulti. Le larve, note come "portalegna" o "portasassi", frequentano le acque di superficie e sono occasionali nelle grotte, mentre gli adulti di alcune specie (soprattutto il grande *Stenophylax permistus*) possono comportarsi da subtroglofili, soprattutto in primavera ed estate, entrando a far parte dell'associazione parietale.

Recentemente nella Grotta di Attila (Piani di Lanza) è stata ritrovata una specie di superficie, *Philopotamus ludificatus*, che compie l'intero ciclo vitale nella cavità, riproducendosi nel ruscello sotterraneo.

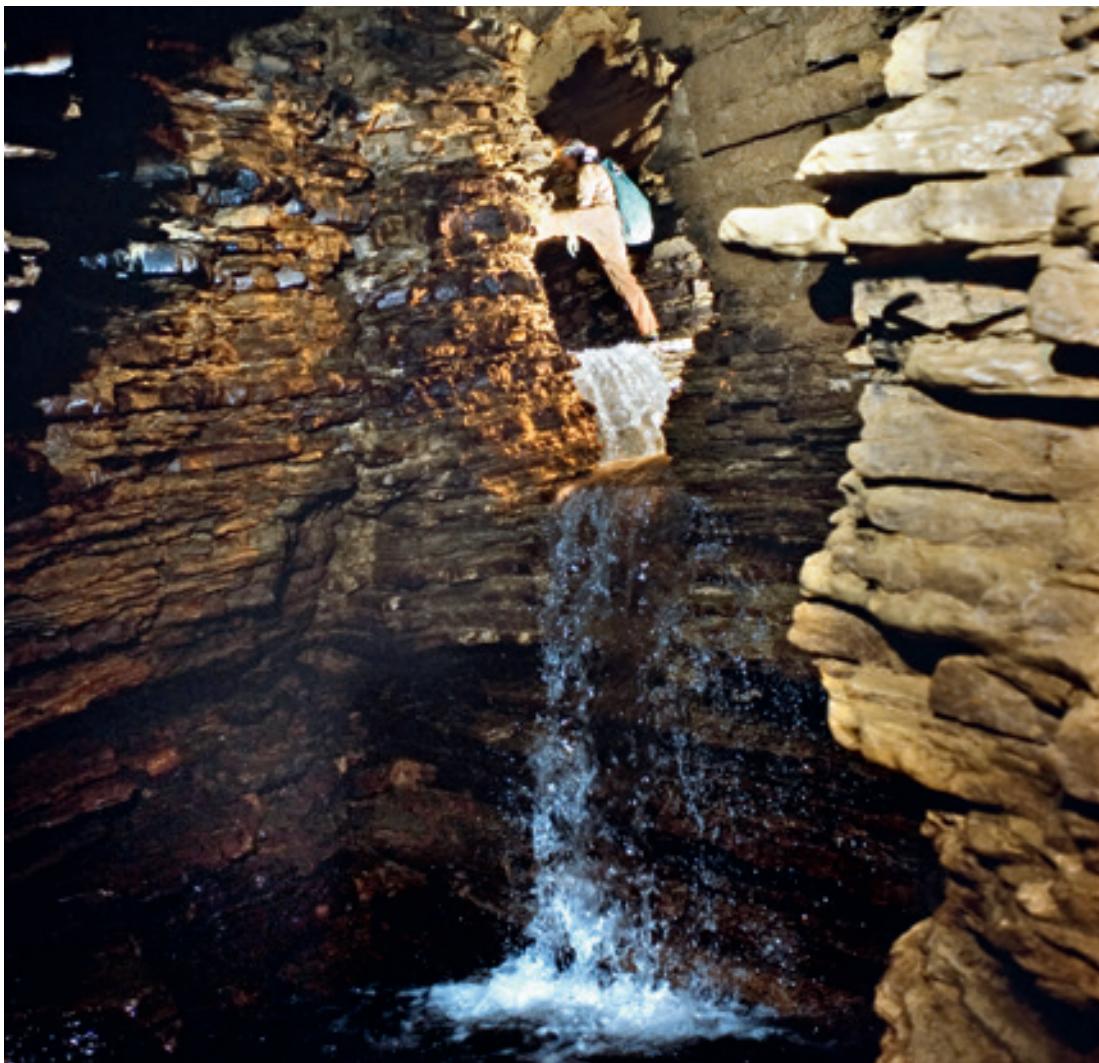
Lepidotteri. L'ordine dei lepidotteri comprende le farfalle. Non esistono specie realmente cavernicole, ma molte farfalle trovano rifugio nei tratti iniziali delle grotte. Due di esse, *Triphosa dubitata* e *Scoliopterix libatrix*, sono comunissime nelle grotte friulane, dove trascorrono l'inverno entrando a far parte dell'associazione parietale.



Scoliopterix libatrix

Coleotteri. Si tratta senz'altro degli insetti più noti e studiati dai biospeleologi, nonché oggetto di raccolta da parte dei collezionisti per l'elevato numero di specie spesso strettamente endemiche; con oltre 300.000 specie descritte sono sicuramente l'ordine più ricco di tutto il regno animale.

Carabidi. I carabidi rappresentano una delle più grandi famiglie di coleotteri (oltre 40.000 specie in tutto il mondo) e uno dei gruppi animali dove gli adattamenti morfologici e fisiologici alla vita nell'ambiente sotterraneo sono più evidenti e studiati (allungamento degli arti e delle antenne, sviluppo dei recettori tattili e chimici, scomparsa dei ritmi circadiani, rallentamento del metabolismo e del numero di uova, assenza di occhi e depigmentazione).



Grotta Nuova di Villanova (Fr 373), località tipica di numerose specie di crostacei, ragni e coleotteri

Possiamo osservare nelle diverse specie di carabidi tutti i diversi gradi di adattamento alla vita nelle grotte, sino ad arrivare alle specie troglobie dette "ultraevolutes", altamente specializzate. La maggior parte dei carabidi cavernicoli, predatori o più raramente saprofagi, appartiene alla tribù dei trechini, di antica origine.

Le specie troglobie più note nelle grotte friulane appartengono ai generi *Orotrechus* e *Anophthalmus*. La distribuzione in Italia del genere *Anophthalmus* è limitata al Friuli Venezia Giulia (e precisamente all'area alpina orientale, prealpina - sia carnica che giuliana - e al Carso triestino), ove è presente con ben 16 specie e numerose sottospecie. Tra queste ricordiamo *Anophthalmus fabbrii*, uno degli elementi più specializzati; scoperto



Anophthalmus fabbrii

dall'entomologo triestino Giuseppe Müller nella Grotta Nuova di Villanova e descritto nel 1931, è endemico delle Prealpi Giulie. Alla tribù degli sfodrini appartiene invece *Laemostenus schreibersi*, una delle specie più comuni nelle nostre grotte come troglifila, potendosi ritrovare anche in suoli forestali e ghiaioni montani.

Colevidi. Famiglia anch'essa di origine antica, ricca di specie saprofaghe che vivono in diversi ambienti sotterranei terrestri, tra cui le grotte, l'ambiente sotterraneo superficiale e le cavità artificiali. Insieme ai carabidi, presentano i più straordinari esempi di adattamento alla vita nelle grotte, che si manifestano soprattutto tra le eccezionali leptodirine. Tra i rappresentanti troglobi più interessanti vanno ricordati i generi *Orostygia* (con *O. pretneri*, endemica delle Prealpi Carniche), *Oryotus* (con ad esempio *O. gasparoi* endemica delle Prealpi Giulie e *O. trezzii* del Canin) e *Aphaobius* (con *A. milleri forojulensis* descritto dal Müller per la Grotta Nuova di Villanova). Ma il leptodirino che presenta il maggior grado di modificazione morfologica è senza dubbio *Leptodirus hohenwarti*; assente nelle grotte friulane, ma presente sul Carso triestino, merita di essere ricordato poiché è l'unico invertebrato cavernicolo italiano attualmente inserito tra le specie protette nella Direttiva Habitat.



Aphaobius milleri

Curculionidi. Famiglia di coleotteri facilmente riconoscibili per l'allungamento del capo che conferisce loro una forma a "rostro" (da cui il

nome volgare di “punteruoli”). Trattandosi di fitofagi, poche specie si sono adattate alla vita endogea e cavernicola. Ricordiamo *Otiorhynchus (Trogloorhynchus) anophthalmoides*, che penetra nell’ambiente cavernicolo seguendo gli apparati radicali delle piante di cui si nutre.

Stafilinidi. Vasta famiglia comprendente coleotteri dalle elitre brevi e tronche, che lasciano scoperta la porzione terminale dell’addome. Nelle grotte sono particolarmente interessanti i rappresentanti della sottofamiglia delle pselafine, di piccola taglia (di regola inferiore ai 2.5 mm), predatori per lo più di collemboli. *Bryaxis casalei* e *Bythoxenus italicus* sono specie endemiche ad areale ristrettissimo, essendo note la prima di due grotte e la seconda di una sola cavità, tutte situate sulle Prealpi Giulie.

Ditteri. Vastissimo ordine di insetti (oltre 100.000 specie sinora descritte) caratterizzato dalla presenza di un solo paio di ali (il secondo è trasformato in organi di equilibrio, i “bilancieri”). Nelle nostre grotte sono frequentissimi presso gli ingressi, dove fanno parte

dell’associazione parietale. Pur potendo trovare in grotta anche le zanzare, la maggior parte dei grossi “zanzaroni” che si vedono ammassati sulle pareti delle nostre grotte, soprattutto in estate, appartengono in realtà alla specie *Limonia nubeculosa*, subtroglodifila, innocua per l’uomo.

Un discorso a parte meritano i nictერიბიი, parassiti dei pipistrelli, senza ali ed occhi, con unghie sviluppate idonee alla presa sull’ospite.

> Chiroterri

I chiroterri o pipistrelli, sebbene siano forse i più noti abitanti delle grotte e siano da oltre un secolo adottati come simbolo da non pochi gruppi speleologici, non sono in realtà strettamente associati alle grotte, o almeno non sempre. I chiroterri sono un ordine di mammiferi che comprende quasi un migliaio di specie, ben note per la capacità di volare utilizzando una membrana (detta “patagio” e tesa fra le falangi



Limonia nubeculosa



Rhinolophus hipposideros

Rhinolophus ferrumequinum
 possiede particolari strutture
 implicate nell'ecolocalazione



delle mani, le zampe posteriori e la coda), nonché per l'emissione di ultrasuoni. Questa straordinaria capacità, nota come "ecolocalazione" ed utilizzata in continuo soprattutto per localizzare oggetti nel buio, permette loro di volare con rapidità e sicurezza evitando gli ostacoli e individuando le prede, costituite in prevalenza da insetti.

I nostri pipistrelli sono inoltre ben noti per le limitate capacità di termoregolazione: in inverno essi, infatti, si ritirano in letargo all'interno di siti (detti "ibernacoli"), tra cui rivestono importanza le grotte umide e termostatate. Nelle grotte i pipistrelli gregari si possono

radunare talora in gran numero, e spesso in questo periodo avvengono gli accoppiamenti. I piccoli nascono alle nostre latitudini verso la metà di giugno, quando le femmine gravide hanno già costituito gli assembramenti riproduttivi, talora imponenti, detti "nursery". I pipistrelli hanno in generale tassi riproduttivi piuttosto ridotti: si riproducono una sola volta all'anno, da ogni parto

Nursery di
Miniopterus schreibersii

nasce in genere un piccolo (raramente due) e la mortalità neonatale è piuttosto elevata. Questo fatto li rende vulnerabili ai predatori (rapaci notturni e piccoli mammiferi),

alla scarsa disponibilità di cibo (dovuta ad esempio a periodi molto piovosi) e al disturbo da parte dell'uomo. Al basso tasso di riproduzione fa da

contrappeso la longevità: sembra che la lunghezza della vita possa variare fra i dieci e i trent'anni. Si tratta di adattamenti se vogliamo comuni a quelli di alcune specie cavernicole. Solo poche specie di pipistrelli sono in realtà, come detto, legati alle grotte, e poche sono le nursery note in Friuli in cavità naturali (anche le specie più strettamente legate all'ambiente





Crani di pipistrelli concrezionati nella Grotta Doviza (Fr 70)

cavernicolo possono utilizzare per questo scopo vecchi edifici o cavità negli alberi). Dove questo accade, si possono trovare grossi accumuli di guano, che rimangono a testimoniare la frequentazione della cavità. Le specie più comuni nelle nostre grotte sono *Miniopterus schreibersii* (che forma assembramenti anche molto cospicui), *Myotis blythii*, *M. myotis* e soprattutto due specie di “ferri di

cavallo” (così denominati per la forma della struttura implicata nell’ecolocazione): *Rhinolophus hipposideros* e *Rhinolophus ferrumequinum*. Queste ultime sono le specie che più di frequente si incontrano, spesso solitarie o in piccoli gruppi di individui sparsi, nelle grotte durante l’inverno, anche se queste sono occasionalmente frequentate in questo periodo da varie altre specie.



Myotis myotis



La Grotta presso il cimitero di Montepetrato (Fr 742) trasformata in un deposito di immondizia

La fauna delle grotte: tutela e conservazione

> Come si degradano gli ecosistemi cavernicoli

Pur essendo state le nostre grotte culla degli studi biospeleologici, la maggior parte degli speleologi che le frequentano hanno spesso la seguente scala di valori:

1. importanza esplorativa, lunghezza e profondità, impegno fisico e tecnico richiesto
2. importanza geologica, paleontologica e paleontologica, quando vi si rinvengono resti di animali quaternari e tracce dell'attività dell'uomo preistorico
3. importanza come ecosistemi naturali da tutelare e proteggere per la loro fauna.

Anche in questo caso spesso si vede l'ambiente "a misura d'uomo"; pertanto "animale cavernicolo" è sinonimo di "pipistrello" o "proteo", e "disturbo antropico" di "inquinamento". Come abbiamo potuto comprendere leggendo i capitoli precedenti, la grotta è prima di tutto un ecosistema, costituito sia dall'ambiente fisico (fattori climatici, apporto di nutrimento e struttura dell'habitat), sia dalle numerose specie che vi abitano.

Modificare il delicato equilibrio che si è instaurato nel corso di milioni di anni è molto facile e l'importanza come ecosistema dovrebbe essere il fattore principale da considerare nell'avvicinarsi a questi ambienti, vuoi per pratica sportiva o turistica, vuoi per studi scientifici.

Il degrado dell'ecosistema può avvenire sostanzialmente per due vie diverse. Vi sono infatti cause di degrado esterne alle grotte, ma che le influenzano profondamente (cause "esogene") ed altre che sono localizzate entro le cavità stesse ("endogene").

Cause esogene. Le cause esogene consistono in interventi umani effettuati o nelle immediate vicinanze delle cavità o anche lontano da esse, ma vicino alla fonte di infiltrazione delle acque o a sistemi di microfessure collegati con la grotta stessa. Questi interventi, indiretti, possono causare, talora involontariamente, danni irreversibili agli ecosistemi sotterranei. Tra le cause esogene di degrado ne ricordiamo alcune:

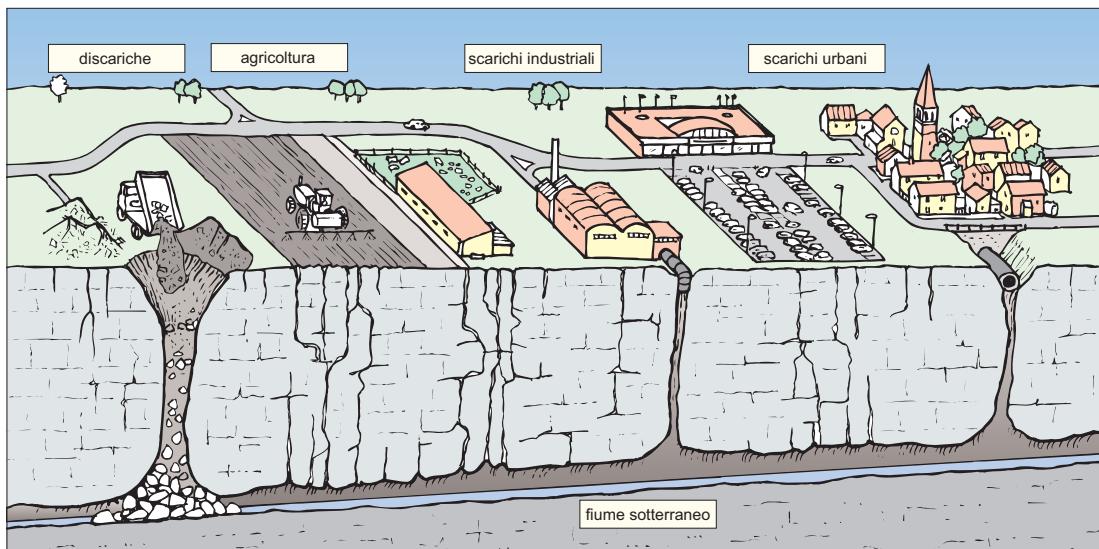
Scarichi fognari (industriali o urbani). Esempi di inquinamento delle acque sono all'ordine

del giorno nelle cavità; un caso “classico” era costituito dalla Grotta Nuova di Villanova, in cui si riversavano gli scarichi reflui dalle baracche dopo il terremoto del Friuli, inquinamento oggi fortunatamente in buona parte sanato.

Attività agricole. L'agricoltura, specie se intensiva, fa largo uso di concimi (organici e chimici) e diserbanti, che penetrano nelle grotte per le vie di infiltrazione delle acque di percolazione (quando non vengono drenate in inghiottitoi), causando eutrofizzazione o inquinamento chimico.

Pratiche zootecniche. Queste producono liquami che seguono le stesse vie di penetrazione dei reflui dell'agricoltura e causano pesante eutrofizzazione. Sono diffusi nell'area prealpina e alpina, anche se fortunatamente non raggiungono l'intensità (e la gravità delle conseguenze sulle grotte) di quelli situati sui Lessini o sull'Altopiano di Asiago.

Discariche. Oltre alle discariche autorizzate, sappiamo esistono molte piccole discariche abusive: le grotte invase dai rifiuti sono numerose ed un tempo non lontano era



Centri di pericolo e fonti inquinanti in ambiente carsico



Tracce di vecchie discariche nella Grotta delle Risorgive presso Villanova

usanza degli allevatori di sbarazzarsi dei corpi degli animali domestici gettandoli nei pozzi carsici.

Impermeabilizzazione del suolo. La creazione di piazzali, posteggi, strade, costruzioni porta a cementificazione del suolo con gravi ripercussioni sulla circolazione idrica nel sottosuolo, che viene privato delle acque di percolazione e pertanto dell'apporto di nutrimento dalla superficie.

Cause endogene. Sono dovute al disturbo umano perpetrato all'interno delle grotte. Sappiamo che, a parte gli studi scientifici, l'uomo frequenta le grotte per due motivi: speleologia e turismo.

Attività speleologica. La speleologia è indubbiamente, se condotta correttamente, l'attività meno dannosa; possono arrecare danno sicuramente l'eccessivo calpestio, la rottura delle concrezioni, l'abbandono dei residui del carbu-

ro usato per le lampade ad acetilene (oggi fortunatamente meno usato, ma spesso si trovano in grotta le pile delle luci a *led*, non meno nocive), l'abbandono di immondizie o di sostanze estranee (soprattutto legna introdotta dall'esterno); questo causa inquinamento. Infine, non va dimenticato il disturbo diretto alla fauna, soprattutto pipistrelli, che può essere nocivo se questi vengono risvegliati dal letargo o disturbati nel periodo della riproduzione.

Turismo e grotte turistiche. Lo sfruttamento turistico delle grotte crea problemi non da poco: le infrastrutture modificano drasticamente



La grotta di San Giovanni d'Antro (Fr 43) è in parte turistica

e il disturbo diretto alla fauna cresce esponenzialmente. Non meno importante è il cambiamento climatico causato dalla respirazione del pubblico che incrementa il tasso di anidride carbonica (fatto molto importante per le grotte di piccole dimensioni) e dalla presenza di esseri umani che innalzano sensibilmente la temperatura dell'aria nelle parti interne delle cavità: numerosi studi scientifici documentano questo problema, che va risolto regolamentando i flussi turistici. A questo si aggiunge il deleterio effetto dell'illuminazione, che non solo disturba le specie troglodite, ma spesso causa la crescita di alghe e piante estranee all'ambiente di grotta.

Introduzione di fauna estranea. I visitatori possono portare nelle grotte, volontariamente o involontariamente, animali estranei, ad esempio provenienti da altre cavità o dall'esterno. Ben più grave è il fatto che talora, deliberatamente, alcune persone, per sedicenti scopi "pseudoscientifici", introducono nelle grotte specie estranee (si pensi al proteo allevato in altre parti d'Italia, ma non solo: cavallette, coleotteri, anfipodi sono stati introdotti in cavità diverse da quelle di origine). Si parla allora di "inquinamento genetico"; non sono stati esenti da questo problema nemmeno i "laboratori sotterranei", che hanno talora causato ripercussioni gravi sugli ecosistemi di grotta.

> Vulnerabilità delle grotte

Ma quali ripercussioni sulla fauna cavernicola hanno l'eutrofizzazione, l'inquinamento, il cambiamento del clima, la modifica dei cicli idrologici e l'introduzione di specie che potremmo definire "aliene"? E quali sono i disturbi che si possono involontariamente arrecare alla fauna? Vediamo di procedere con ordine.

Inquinamento. Per quanto riguarda eutrofizzazione ed inquinamento, questi sono tanto più marcati quanto maggiore è la vulnerabilità "intrinseca" di un acquifero. Un acquifero è

tanto più vulnerabile quanto maggiore è la possibilità di penetrazione delle acque superficiali che veicolano le sostanze inquinanti. Questo dipende ad esempio dal grado di carsificazione (cioè dalla presenza di sistemi conduttivi, di inghiottitoi) e pertanto dalla struttura delle rocce, nonché dalle vie di circolazione delle acque sotterranee. Un acquifero vulnerabile si arricchisce di sostanze organiche o altri inquinanti liberati in superficie: le ripercussioni sulla fauna sono notevoli. Nel caso di eutrofizzazione, sia negli habitat terrestri che in quelli acquatici, si assiste in genere ad una



Abisso di Viganti (Fr 65): gli inghiottitoi possono veicolare nel sottosuolo le sostanze inquinanti



Il disturbo, anche involontario, di un chiroterro durante il letargo può avere gravi conseguenze sul suo stato di salute

drastica modifica della fauna: le specie troglobie vengono sostituite da quelle troglossene, più competitive nello sfruttare le nuove risorse. Nel caso di inquinamento, le popolazioni di specie troglobie, spesso molto sensibili, possono venir ridotte o eliminate e, se il livello di inquinamento non è molto elevato, assistiamo anche qui ad un maggiore sviluppo di specie troglossene. Anche i cambiamenti “climatici” di cui si è detto sono una forma di inquinamento, e così le specie aliene: portano alla diminuzione o scomparsa dei troglobi.

Disturbo. Sono particolarmente sensibili al

disturbo i vertebrati ed in particolare i pipistrelli. Se risvegliati durante il letargo, possono rapidamente consumare le riserve di grasso; questo fatto può condurre alla morte gli esemplari. Le luci fredde (led) disturbano meno di quelle calde (acetilene) e sono più idonee ad osservare questi animali senza disturbarli. Più problematico è il caso delle nursery: visitarle di giorno, quando ospitano anche gli adulti, può causare la caduta dei piccoli, con morie anche gravi: per questo gli studiosi di chiroterri per i censimenti visitano le nursery solo la notte, adottando particolari precauzioni.

> **Gli organismi cavernicoli
 come bioindicatori**

Il fatto che i troglobi siano così sensibili ai cambiamenti ambientali e soprattutto all'inquinamento li rende ottimi "bioindicatori". Indichiamo con questo termine quegli organismi che possono essere considerati come "spie" delle condizioni ambientali e servono a valutare l'integrità di un ecosistema.

Seppure la ricerca debba ancora compiere molti sforzi per riuscire a costruire delle metodiche standardizzate che permettano l'uso dei cavernicoli come bioindicatori, come già avviene per gli ambienti di superficie, molti passi avanti sono stati compiuti, soprattutto nel campo delle acque sotterranee.

Gli stigobi sono buoni indicatori della qualità biologica delle acque, ma non solo. Il rapporto tra stigobi e stigosseni può anche essere usato per valutare la vulnerabilità "intrinseca" di un acquifero carsico: ambienti con maggiori connessioni con la superficie, e pertanto più vulnerabili, saranno più ricchi di stigosseni degli acquiferi più isolati dove, se le condizioni ecologiche sono idonee, troveremo quasi esclusivamente stigobi.

Questo metodo, applicato di recente anche ad alcuni acquedotti, ha consentito di stimare

il "rischio" di contaminazione cui un acquifero è sottoposto. Non solo curiosità scientifiche e testimoni di una lunga evoluzione durata milioni di anni: gli organismi cavernicoli divengono oggi anche utili strumenti per tutelare le nostre risorse idriche e, in sostanza, la qualità della nostra vita.



Nebria (Oreonebria) diaphana venetiana

> **Le normative di tutela
della fauna cavernicola**

Le grotte non sono solo meritevoli di essere tutelate per la bellezza delle loro concrezioni, per l'importanza delle loro riserve idriche o per la loro importanza preistorica o storica. Vi sono norme di legge che ne impongono la tutela come ecosistemi e che proteggono la loro fauna, spesso di eccezionale importanza per la scienza e la cultura per i suoi adattamenti straordinari, nonché patrimonio dell'umanità per la ricchezza di specie endemiche. Specie



Leptodirus hohenwarti

che non si possono trovare cioè in alcun luogo sulla Terra al di fuori delle nostre grotte.

Le grotte naturali, non soggette a sfruttamento turistico all'epoca di emanazione della normativa, sono protette ai sensi della Direttiva Habitat (92/43/CEE), e dai decreti applicativi dello stato italiano. La Direttiva ha nell'endemismo e nella vulnerabilità della fauna i suoi fondamenti. L'allegato I elenca gli habitat naturali e seminaturali per i quali la Comunità Europea ha l'obbligo di tutela istituendo particolari siti per la loro conservazione (SIC, Siti di Importanza Comunitaria). Tra questi, con il codice 8310, sono elencate le "Grotte non ancora sfruttate a livello turistico". Ma non solo l'habitat (inteso dalla Direttiva come ecosistema) è tutelato: anche alcuni animali cavernicoli sono strettamente protetti da questa normativa. Tutti i chiroterri sono rigidamente protetti (e già lo erano da parte dal Testo Unico sulla Caccia del 1939, presumibilmente per la loro utilità nel combattere gli insetti nocivi), accanto al proteo (specie "prioritaria" per la Direttiva) e al coleottero *Leptodirus hohenwarti*. Per questi animali vige anche il divieto assoluto di: disturbo, raccolta, detenzione, trasporto, commercializzazione e danneggiamento delle aree di sosta e dei siti di riproduzione. Ogni grotta che ospiti questi animali, dentro e fuori i SIC, deve essere pertanto rigorosamente protetta.

> Le grotte e la didattica della biospeleologia

Le grotte non sono solo un argomento di studio riservato agli specialisti e le osservazioni didattiche che si possono fare non sono limitate alle sole grotte turistiche. Una visita a facili cavità, ove non vi siano specie protette o a rischio di estinzione, può essere una esperienza indimenticabile, ben più istruttiva della visita turistica dove la guida generalmente commenta la somiglianza delle concrezioni con oggetti, animali o mostri tralasciando di parlare della fauna. Inoltre la didattica, come si propone questo volume, è oggi fondamentale per comprendere la natura e pertanto desiderare di tutelarla. Non possiamo conservare ciò che non conosciamo e non possiamo non comprendere ciò che per legge conserviamo: il risultato della mancanza di didattica sarebbe disastroso.

La spiegazione dei fenomeni carsici di un'area, di come una grotta faccia parte di un ambiente più vasto e impenetrabile, la sua importanza come ecosistema e l'interesse scientifico e pratico della sua fauna, arricchisce culturalmente la visita di una cavità, che già di per sé è un momento di grande fascino e di stupore per i più giovani, attratti dal buio, dalle ombre, dal gocciolio, dalle leggende. Una visita "biospeleologica" in cui vengono



Studenti in visita alla Grotta Doviza (Fr 70)

illustrati semplici concetti, come il cambiamento della vegetazione con la diminuzione della luce, l'associazione parietale o l'osservazione, se si è fortunati, di qualche troglodite che offre alle guide e agli insegnanti spunto per parlare degli adattamenti, serve anche a sviluppare, nei giovani studenti, capacità di esplorazione, orientamento ed osservazione coniugando divertimento e studio. Ma una visita guidata che mostri la grotta come un ecosistema avrà sicuramente molto da insegnare anche agli adulti, che potranno comprendere le finalità della conservazione, e forse anche agli speleologi, che potranno apprezzare anche l'importanza (per riallacciarci a quanto riportato nell'introduzione) di *"camminare adagio e senza far rumore, e di osservare"*, come scriveva Giuseppe Feruglio nel 1904, invece di procedere dritti in profondità.



La Grotta di Taipana (Fr 61)

Bibliografia

Chi volesse approfondire gli argomenti trattati in questo volumetto, trarrà sicuramente interessanti spunti dal volume seguente:

STOCH F. (ed.), 2001 - Grotte e fenomeno carsico. *Quaderni Habitat, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e Museo Friulano di Storia Naturale*, 158 pp.

In esso la biospeleologia e le problematiche di tutela e conservazione sono trattati in modo esaustivo per le grotte italiane.

Più semplice e agile il fascicolo:

BANI M., 2001 - La vita nelle grotte. *Quaderni Didattici della Società Speleologica Italiana*, 10: 27 pp.

Chi invece volesse approfondire le conoscenze sulla biospeleologia ad un livello scientifico, potrà trarre giovamento dalla serie di tre volumi (in parte esauriti):

JUBERTHIE C., DECU V. (eds.), 1994-98. Encyclopaedia Biospeologica. *Société de Biospéologie*, Moulis-Bucarest, 3 voll.

Infine, per le grotte friulane, recenti pubblicazioni scientifiche, soprattutto inserite nei volumi monografici delle Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, riportano liste faunistiche e analisi scientifiche della fauna delle grotte della Provincia di Udine. Sono le seguenti:

GASPARO F., 1997b - Fauna. In: Guidi P. (ed.), *Bibliografia Speleologica del Friuli. Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Udine, e Provincia di Udine, Assessorato all'Ecologia*: 109-134.

GASPARO F., GOVERNATORI G. & STOCH F., 2001 - Osservazioni sulla fauna delle grotte e delle acque carsiche sotterranee delle Prealpi Carniche orientali. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, (s. II) 12: 75-88.

GOVERNATORI G., 2004 - Considerazioni faunistiche e biogeografiche su artropodi ipogei delle Alpi Carniche. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, (s. II) 15: 75-85

GOVERNATORI G. & CHIAPPA B., 1997 - Artropodi terrestri di sistemi sotterranei delle Valli del Natisone. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, (s. II) 9: 65-88.

STOCH F., 1997 - La fauna delle acque carsiche sotterranee delle Valli del Natisone. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, (s. II) 9: 89-100.

STOCH F., 2004 - Prime osservazioni sulla fauna delle acque carsiche sotterranee delle Alpi Carniche. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, (s. II) 15: 87-95.

STOCH F., 2008 - La fauna cavernicola delle Prealpi Giulie settentrionali. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, (s. II) 20: 97-121.

Indice

La biospeleologia	pag. 5
Le grotte come ecosistemi	pag. 13
Gli habitat dei cavernicoli	pag. 21
Gli animali cavernicoli	pag. 27
Lo studio degli animali cavernicoli	pag. 35
La fauna cavernicola del Friuli	pag. 41
La fauna delle grotte: tutela e conservazione	pag. 61
Bibliografia	pag. 71



circolo speleologico e idrologico friulano - udine