

Sezione Speleologica
CAI-SSI Città di Castello

Società Speleologica Italiana

10

QUADERNI DIDATTICI

CLUB ALPINO ITALIANO

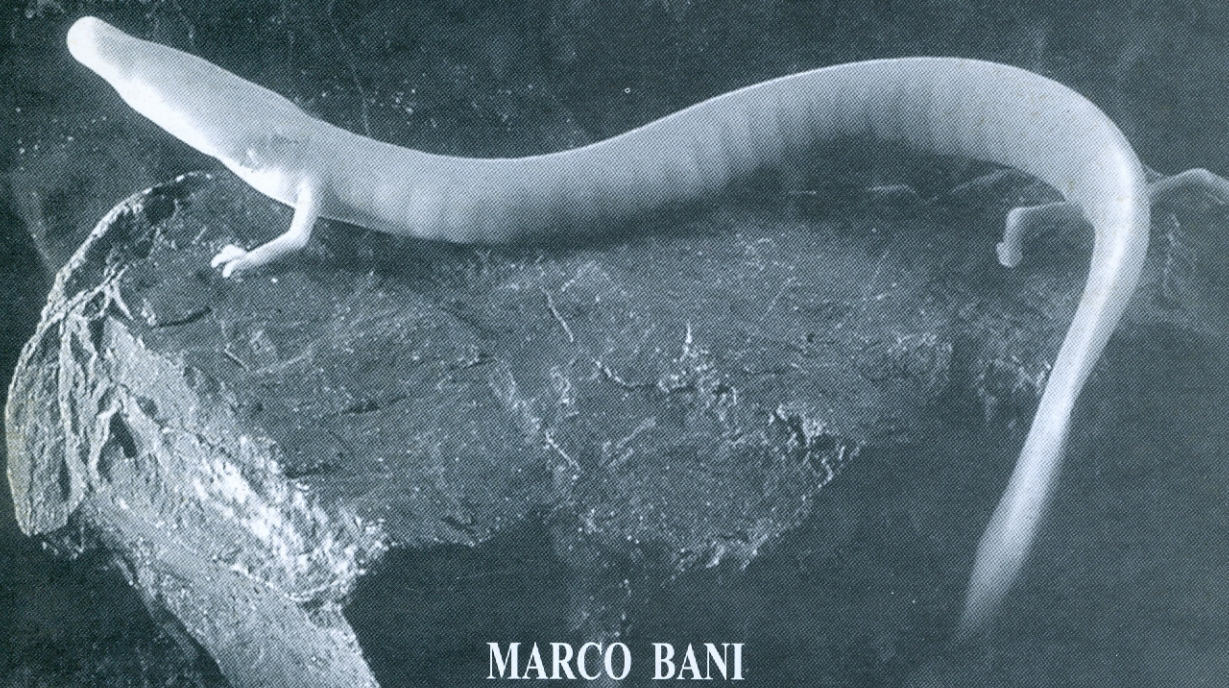


Con il patrocinio della
Commissione Centrale per la Speleologia

Erga  edizioni

MARCO BANI

LA VITA NELLE GROTTA



QUADERNI DIDATTICI della
Società Speleologica Italiana

Coordinamento editoriale:

Giovanni Badino, Carlo Balbiano, Natalino Russo

Per entrare in contatto con gli Autori rivolgersi
alla Società Speleologica Italiana

© Società Speleologica Italiana
Via A. Zamboni, 67 - 40127 Bologna
www.ssi.speleo.it

Si fa espresso divieto di riprodurre in qualsiasi
maniera, anche parzialmente,
il contenuto dei Quaderni.

Edizione riservata
realizzata nel mese di ottobre 2001 da
ERGA EDIZIONI
Via Biga 52 r. - 16144 Genova
Tel. 010.8328441 - Fax 010.8328799
www.erga.it

*Quaderni didattici della
Società Speleologica Italiana*

- 1 Geomorfologia e speleogenesi carsica**
Leonardo Piccini
- 2 Tecnica speleologica**
Angelo De Marzo, Giuseppe Savino
- 3 Il rilievo delle grotte**
Chiara Silvestro
- 4 Speleologia in cavità artificiali**
Giulio Cappa
- 5 L'impatto dell'uomo sull'ambiente di grotta**
*Mauro Chiesi, Gianluca Ferrini,
Giovanni Badino*
- 6 Geologia per speleologi**
Valentina Malcapi, Leonardo Piccini
- 7 I depositi chimici delle grotte**
Paolo Forti
- 8 Meteorologia ipogea**
Carlo Balbiano
- 9 L'utilizzo del GPS in speleologia**
*Gian Domenico Cella, Fabio Siccardi,
Alberto Verrini*
- 10 La vita nelle grotte**
Marco Bani
- 11 Storia della Speleologia**
Lamberto Laureti
- 12 Gli acquiferi carsici**
*Bartolomeo Vigna,
con un contributo di Gilberto Calandri*

QUADERNI DIDATTICI
DELLA
SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA

10

Marco Bani
LA VITA NELLE GROTTA

1. UN VASTO AMBIENTE PER LA VITA: LE GROTTA	pag. 5
2. UNA MONTAGNA CALCAREA: UN CONTINUUM ECOLOGICO	6
2.1 Turisti e speleologi	6
3. FATTORI CHE INFLUENZANO IL POPOLAMENTO ANIMALE DELLE GROTTA	7
3.1 Fattori abiotici	7
3.2 Fattori biotici	8
4. CLASSIFICAZIONE ECOLOGICA DEGLI ANIMALI CAVERNICOLI	10
5. CLASSIFICAZIONE ECOLOGICA DELLE GROTTA	11
6. ASSOCIAZIONI FAUNISTICHE PARTICOLARI	11
7. ADATTAMENTI ALL'AMBIENTE DI GROTTA	12
7.1 Adattamenti morfologici	12
7.2 Adattamenti fisiologici	12
8. INTERESSE BIOGEOGRAFICO E PALEOGEOGRAFICO	13
9. GLI ANIMALI CAVERNICOLI	14
9.1 Protozoi	14
9.2 Poriferi	14
9.3 Platelminti	14
9.4 Molluschi	14
9.4.1 Gasteropodi	14
9.5 Anellidi	14
9.6 Artropodi	14
9.6.1 Crostacei	14
9.6.2 Aracnidi	15
9.6.3 Chilopodi	16
9.6.4 Diplopodi	16
9.6.5 Insetti	17
9.7 Vertebrati	19
9.7.1 Pesci	19
9.7.2 Anfibi	19
9.7.3 Rettili	19
9.7.4 Uccelli	19
9.7.5 Mammiferi	19
10. CACCIA, RACCOLTA, CONSERVAZIONE	20
10.1 La caccia e la raccolta	20
10.2 La conservazione	20
11. STUDIO	21
12. LA FLORA DELLE CAVERNE	22
12.1 Montagne capovolte	23
12.2 Protagonisti al microscopio	23
13. CENNI STORICI SULLA BIOSPELEOLOGIA	23
14. GLOSSARIO	26
15. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	27

INTRODUZIONE

La grotta ha sempre affascinato l'uomo in quanto sinonimo di oscurità e di silenzio, o talora di antro popolato da esseri di dantesca memoria. Ma se tutti potessero conoscere i veri abitatori delle caverne, quei minuti organismi che, ciechi ed incolori, vagano nel buio più assoluto, allora lo stupore e l'ammirazione sarebbero ancor più grandi. Perché il loro aspetto rasenta l'incredibile, i loro adattamenti ci raccontano una storia durata milioni di anni e la loro distribuzione ci parla di terre e di mari ormai scomparsi. Ne rimane ammirato anche l'addetto ai lavori, quel biospeleologo che continua a scoprire ogni anno specie nuove e a formulare teorie nell'arduo tentativo di spiegare la loro origine ed evoluzione. Il carsismo infatti per milioni di anni ha frammentato il territorio creando un complesso mondo ipogeo, mentre l'evoluzione biologica e la selezione naturale hanno plasmato i suoi abitanti creando una moltitudine di specie rare ed endemiche; specie cioè che non possiamo trovare in alcun altro luogo sulla Terra se non in un singolo massiccio carsico, talora in una singola grotta.

Purtroppo i segreti di questo "scricigno di antiche meraviglie" sono spesso celati in pubblicazioni scientifiche di difficile reperimento, o in trattati che nel loro desiderio di completezza e di rigorosità di espressione spesso trascurano di mettere a disposizione del grande pubblico quelle semplici informazioni che permetterebbero a tutti gli amanti della natura di conoscere la "vita nelle grotte".

Per questo motivo nasce il presente volumetto; finalmente tutti i concetti basilari di una disciplina complessa come la biospeleologia si possono trovare in un agile e conciso "Quaderno didattico" che, senza rinunciare al rigore delle definizioni, prende il lettore per mano e lo introduce ai diversi aspetti della disciplina. Oggi che tanto si parla di tutela dell'ambiente, di conservazione degli habitat e delle specie endemiche, non poteva mancare questo quadernetto.

Troveranno giovamento dalla lettura di queste pagine gli alunni delle scuole, i partecipanti ai corsi di speleologia e tutti gli appassionati che desiderano avvicinarsi per la prima volta a questa disciplina, nonché quegli speleologi "esperti" che spesso vedono solo abissi da esplorare o record da superare. Ma non solo; ripenseranno a queste pagine anche quei biospeleologi che, descrivendo nuove specie in esclusive riviste specialistiche, non saranno così fortunati da poter condividere la gioia della loro scoperta con chi biospeleologo non è. O non lo è ancora.

Fabio Stoch

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro si deve all'interessamento di Natalino Russo, Giovanni Badino, Mauro Chiesi e Carlo Balbiano d'Aramengo. Ringrazio Fabio Stoch per la sua prima visione del testo appena abbozzato e Pier Mauro Giachino per la sua attenta rilettura finale.

Una riconoscenza particolare è dovuta a Leonardo Latella per aver seguito diverse fasi del lavoro e per i preziosi consigli forniti.

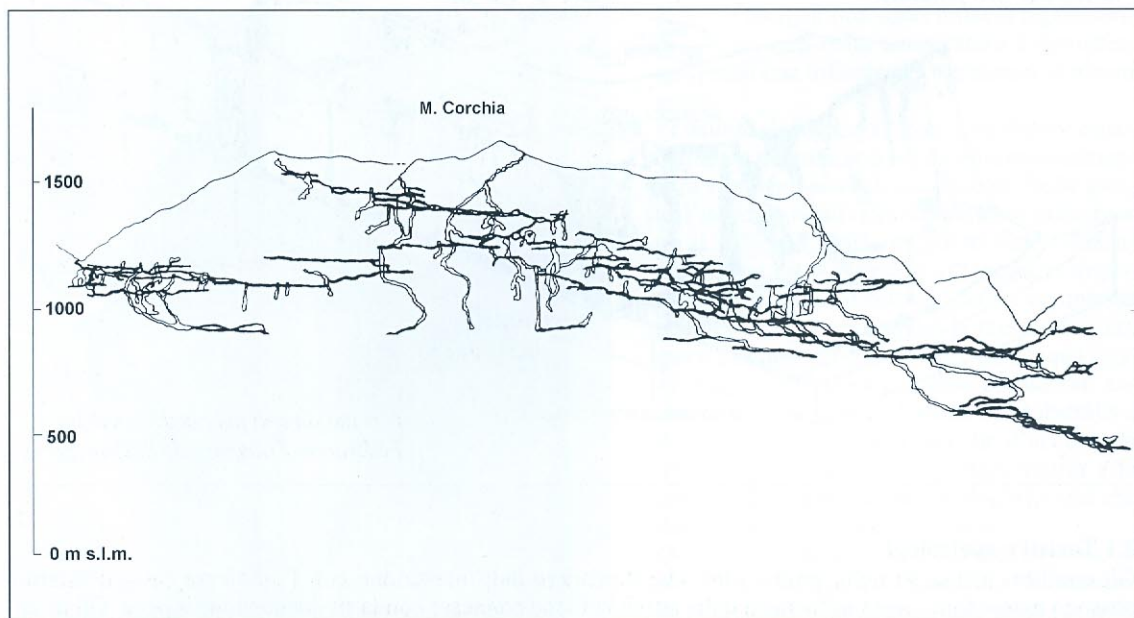
© Salvo precisazione, le foto sono tutte dell'autore.

1. UN VASTO AMBIENTE PER LA VITA: LE GROTTHE

Lo sviluppo delle grotte catastate raggiunge, solo in Italia, i 2.300 chilometri, distribuito in 33.830 grotte (a giugno 2000), delle quali 250 superano i tre chilometri di sviluppo o sono più profonde di trecento metri. Un numero molto più grande di piccole cavità, estese pochi metri, non risulta negli elenchi, mentre un' indefinibile quantità di grotte, grandi e piccole, resta ancora da scoprire o non sarà mai nota all'uomo. Considerando che gli animali che vivono in grotta hanno dimensioni per lo più di millimetri o di pochi centimetri, l'universo sotterraneo diviene immenso, sconfinato: esso comprende infatti anche tutte le fratture, le condotte, gli interstizi, allagati o no, che possono ospitare queste particolari forme di vita. Nel caso di aree calcaree il fenomeno è di gran lunga più importante e quantitativamente significativo. L'Acqua è infatti capace di solubilizzare il carbonato di calcio e, quanto più è resa acida e aggressiva dall'anidride carbonica o da risalite di acque termali sulfuree, di corroderlo manifestando quel fenomeno noto sotto il nome di carsismo. Quando l'acqua può penetrare nelle fratture della roccia la corrosione crea condotte sotterranee che interessano tutto il massiccio montuoso. I sistemi sotterranei percorribili dall'uomo, le grotte appunto, possono raggiungere in questo caso decine o anche centinaia di chilometri, ma l'ambiente colonizzabile dagli animali cavernicoli è incomparabilmente più vasto.

Nelle aree gessose, che tuttavia in Italia raggiungono modeste estensioni, il carsismo è più spinto che nei calcari, con notevole sviluppo di grotte.

Anche nei graniti, nelle arenarie, nelle marne o in altre rocce pressoché inattaccabili dall'acqua possono crearsi modeste cavità sotterranee, per lo più in seguito a dislocazioni tettoniche. Dentro le colate laviche possono crearsi i cosiddetti "tubi", grotte che possono raggiungere anche lunghezze chilometriche, ma la dinamica di popolamento di queste cavità, che possono crearsi in pochi giorni e di nuovo scomparire sotto nuove colate, non è generalizzabile e deve essere analizzata caso per caso. Anche fenomeni eolici possono creare modeste cavità, ma quanto di seguito descritto si intende in genere riferito a grotte di origine carsica. Occorre però tener presente che l'ambiente sotterraneo in cui possono svilupparsi forme di vita riguarda qualsiasi volume ipogeo in qualsiasi modo formato e su qualsiasi roccia, e può anche comprendere cavità artificiali.



Complesso carsico del Monte Corchia, il sistema che presenta attualmente il più grande sviluppo sotterraneo noto in Italia. Il dedalo di gallerie percorribili dall'uomo è stato topografato per circa 55 chilometri, ma tante altre condotte sono state individuate e attendono solo esploratori motivati a percorrerle e documentarle. Se si prende in considerazione il sistema di microcavità, di fratture e interstizi, anche sommersi, in cui gli speleologi non potranno mai entrare, questo ambiente sotterraneo assume uno sviluppo di migliaia di chilometri. Un ambiente molto ostile alla vita: un ambiente "limite" in cui, con incredibile efficienza e in un gran numero di forme, diversi organismi viventi si sono tuttavia adattati e si riproducono.

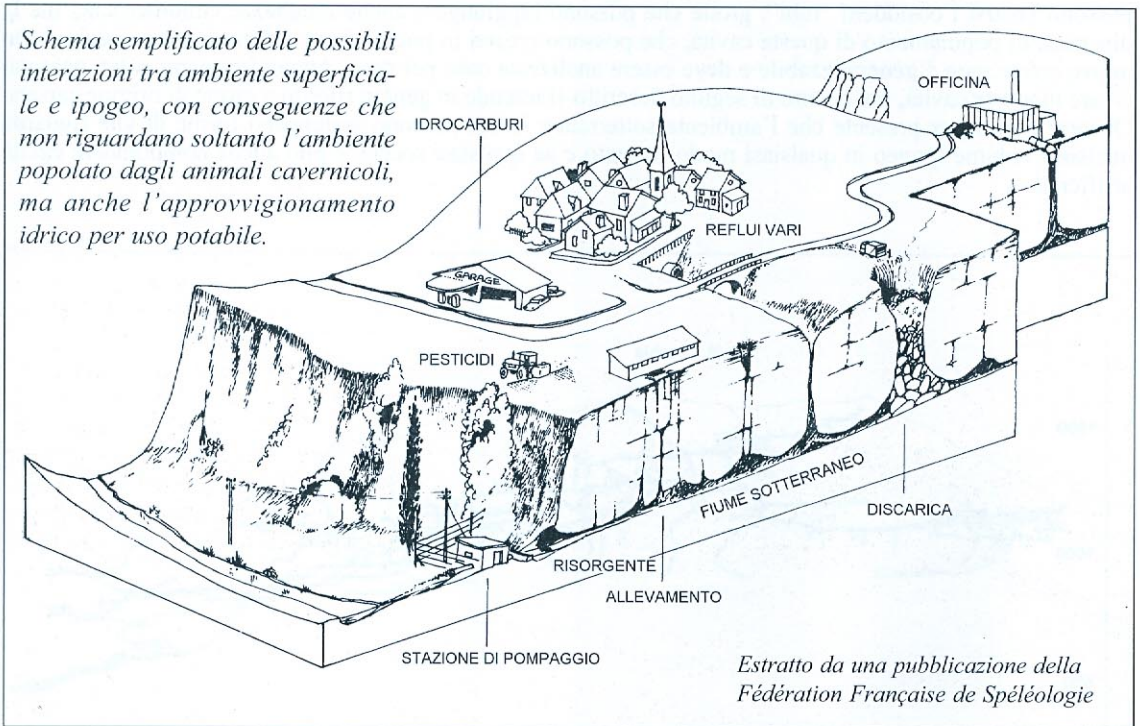
2. UNA MONTAGNA CALCAREA: UN CONTINUUM ECOLOGICO

La conoscenza scientifica del fenomeno carsico è una conquista relativamente recente. Solo nel XX secolo sono venute delineandosi teorie in grado di spiegare chimicamente e fisicamente il carsismo nel suo insieme e la speleogenesi in particolare. Fu proprio Alfred Martel, considerato il padre della speleologia, ad affermare circa un secolo fa che le acque che risorgono alla base dei massicci calcarei sono le stesse che vengono assorbite più in alto. Egli stesso fu vittima di una infezione intestinale dopo aver bevuto ad una sorgente inquinata dai rifiuti gettati a monte in un inghiottitoio carsico. Sebbene oggi il fenomeno sia noto e si sappia bene come una montagna interessata dal carsismo sia un unico sistema in cui le acque che vengono diffusamente o puntualmente assorbite circolino nelle grotte e tornino in superficie a livello di base, avviene ancora che certe doline e alcuni inghiottitoi costituiscano invitanti pattumiere per reflui solidi e liquidi, addirittura col benessere di pubbliche amministrazioni.

Considerare una montagna calcarea un sistema collegato in cui i vari ambienti sfumano uno nell'altro secondo gradienti continui costituisce anche la premessa per studiare correttamente la vita nelle grotte, un fenomeno imprescindibile da quanto avviene in superficie e addirittura da quanto avviene in atmosfera.

Il fattore uomo ha reso oggi tutta la Terra un continuum ecologico e constatare come anche la vita in ambienti così apparentemente confinati come le grotte sia invece condizionata da scelte agricole, industriali, o di uso del territorio a livello locale come anche da modelli di sviluppo globale costituisce oggi una presa di coscienza della massima importanza.

Schema semplificato delle possibili interazioni tra ambiente superficiale e ipogeo, con conseguenze che non riguardano soltanto l'ambiente popolato dagli animali cavernicoli, ma anche l'approvvigionamento idrico per uso potabile.



*Estratto da una pubblicazione della
Fédération Française de Spéléologie*

2.1 Turisti e speleologi

Gli equilibri instaurati nelle grotte, oltre che dipendere dall'interazione con l'ambiente carsico esterno, possono essere fortemente influenzati dalle attività umane connesse con la frequentazione ipogea. Gli arrangiamenti realizzati in una grotta per renderla fruibile turisticamente portano notevoli conseguenze sull'ecosistema cavernicolo. È facilmente intuibile che l'illuminazione elettrica, i camminamenti percorsi da gruppi di turisti e soprattutto l'apertura di ingressi artificiali apportano variazioni ambientali mutando alcune delle condizioni necessarie alla vita degli organismi ipogei.

Meno noto è l'impatto che lo speleo-turista e anche lo speleo-esploratore possono avere sull'ambiente sotterraneo. Le disostruzioni, ad esempio, oggi attuabili con mezzi potenti alla portata di tutti, possono alterare la circolazione dell'aria all'interno di un sistema ipogeo con possibili variazioni dei parametri fisici ambientali la cui stabilità ha orientato gli adattamenti delle forme di vita presenti.

3. FATTORI CHE INFLUENZANO IL POPOLAMENTO ANIMALE DELLE GROTTE

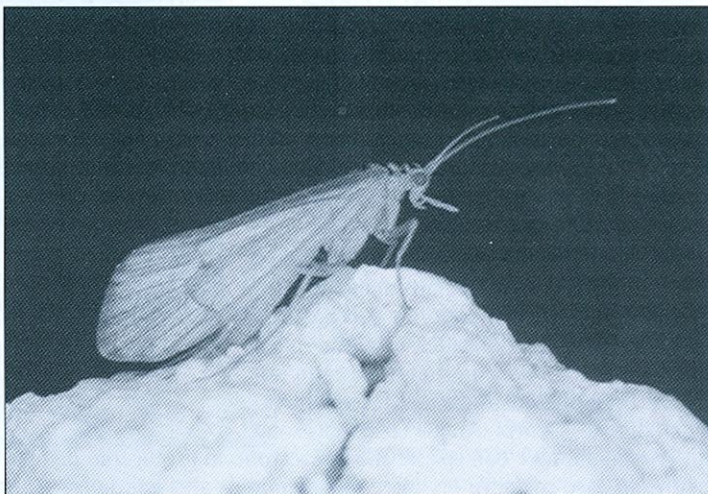
3.1 Fattori abiotici

Sono essenzialmente tre le condizioni fisiche che caratterizzano l'ambiente sotterraneo: l'assenza di luce, la temperatura costante e un livello di umidità relativa prossimo alla saturazione.

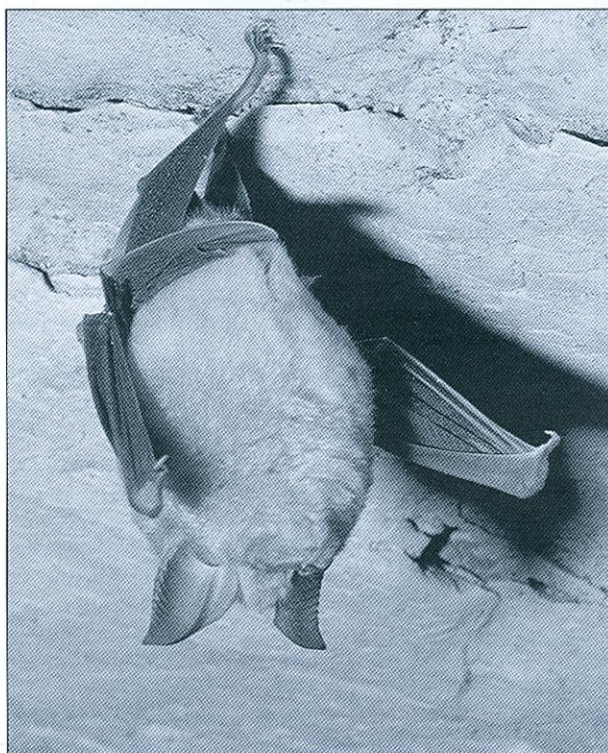
- *Mancanza di luce* - caratterizza tutte le grotte, eccezion fatta per le zone prossime agli ingressi che possono presentare una penombra che diviene gradualmente buio assoluto.

La conseguenza più importante della mancanza di luce e di fotoperiodo è l'assenza in grotta di vegetali in grado di produrre materia organica con il processo di fotosintesi clorofilliana.

- *Temperatura costante* - La temperatura di una grotta è pressoché costante nell'arco dell'anno ed è prossima alla temperatura media della località in cui la grotta si apre. Ad esempio, le grotte che si aprono nell'Appennino centrale alla quota di mille metri hanno una temperatura di circa 7°C mentre nel Massiccio del Marguareis, in Piemonte, le grotte che si aprono a 2.000 m di quota hanno una temperatura di circa 3°C. Gli ani-



I tricoteri, trascorrendo in grotta solo una parte del loro ciclo vitale, portano ad un bilancio trofico positivo l'ambiente di grotta. Le larve si sviluppano in raccolte d'acqua epigee e gli adulti, dopo lo sfarfallamento, entrano in grotta per la copula.



Rhinolophus ferrumequinum. Pipistrelli come questo "ferro di cavallo" arricchiscono le grotte di sostanza organica coi loro escrementi.

mali cavernicoli non sono tuttavia rigidamente condizionati dalla temperatura e dimostrano spesso una tolleranza a variazioni di alcuni gradi.

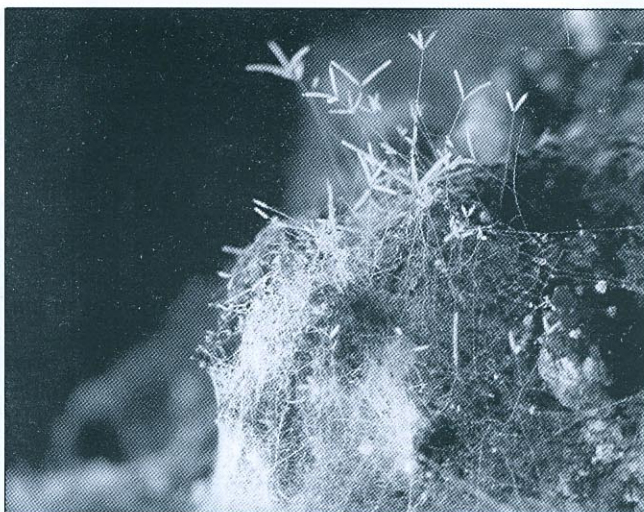
- *Umidità dell'aria* - Questo è un fattore estremamente importante e condiziona pesantemente la vita degli animali cavernicoli. Nelle grotte l'umidità relativa è solitamente compresa tra il 95% e il 100%. A questi fattori fondamentali ne vanno aggiunti altri come la disposizione fisica del substrato, cioè la complessa geometria dei vuoti ipogei, la presenza di acqua e il chimismo delle rocce e dell'acqua stessa. Tra i fattori abiotici vanno considerati anche la composizione chimica del substrato e dell'aria, la presenza di raccolte d'acqua e la loro acidità e salinità, la granulometria e la porosità del suolo e la meteorologia ipogea che determina i movimenti dell'aria.

Occorre ricordare che gli animali cavernicoli presentano adattamenti particolari ai parametri sopracitati e possono vivere ovunque questi si realizzano. Poco importa se si tratta di grandi grotte visitabili dall'uomo o dello sterminato ambiente delle microfessure che interessano le montagne, e non solo quelle calcaree. In un'umida faggeta in quota possiamo trovare fauna specializzata anche sotto le pietre o comunque a pochissima distanza dalla superficie.

3.2 Fattori biotici

L'assenza in grotta degli organismi autotrofi come i vegetali fotosintetizzanti provoca la mancanza della base stessa della catena alimentare. Gli organismi ipogei, ad eccezione di alcune specie in grado di migrare all'esterno per integrare la dieta anche con vegetali, sono saprobi o carnivori e, salvo certi batteri, sono tutti eterotrofi, dipendendo per la loro alimentazione da contributi esterni di materia organica. La quantità e le modalità con cui i nutrienti organici raggiungono l'ambiente di grotta rappresentano dunque un fattore determinante del popolamento cavernicolo.

- *Presenza di specie animali in grado di nutrirsi all'esterno* - animali capaci di compiere spostamenti all'esterno per nutrirsi, come ad esempio gli ortotteri cavernicoli del genere *Dolichopoda*, portano in grotta sostanza organica costituita dagli escrementi e dai loro stessi corpi. Anche i tricoteri sono



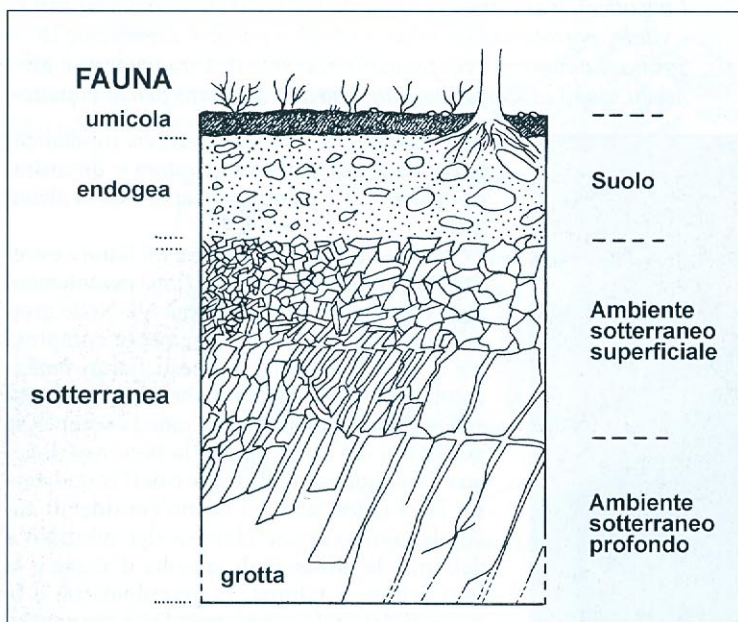
Sul guano dei pipistrelli può crescere talvolta una rigogliosa componente fungina.

un gruppo animale con specie che trascorrono in grotta solo una parte della loro esistenza e apportano anche in questo caso sostanza organica utilizzabile da altri animali. Una presenza importante è quella dei pipistrelli:

essi con gli escrementi che lasciano nelle grotte, cioè il guano, apportano nutrienti di cui possono approfittare molti animali cavernicoli, detti guanobi, che possono essere a loro volta predati da altre specie.

- *Sostanze organiche veicolate dall'acqua* - l'acqua si muove all'interno delle rocce carsificabili ruscellando in condotte di dimensioni macroscopiche senza subire una azione di filtro come avverrebbe in terreni, come ad esempio quelli sabbiosi, permeabili grazie ad interstizi microscopici attraverso i quali non possono passare le particelle in sospensione. Lo scorrere a pelo libero nelle condotte carsiche consente il trasporto in profondità di diverse componenti organiche, anche di grosse dimensioni nel caso di grandi fiumi sotterranei, o microscopiche, in sospensione o soluzione, nelle acque di stillicidio sin dove l'acqua può giungere per capillarità.

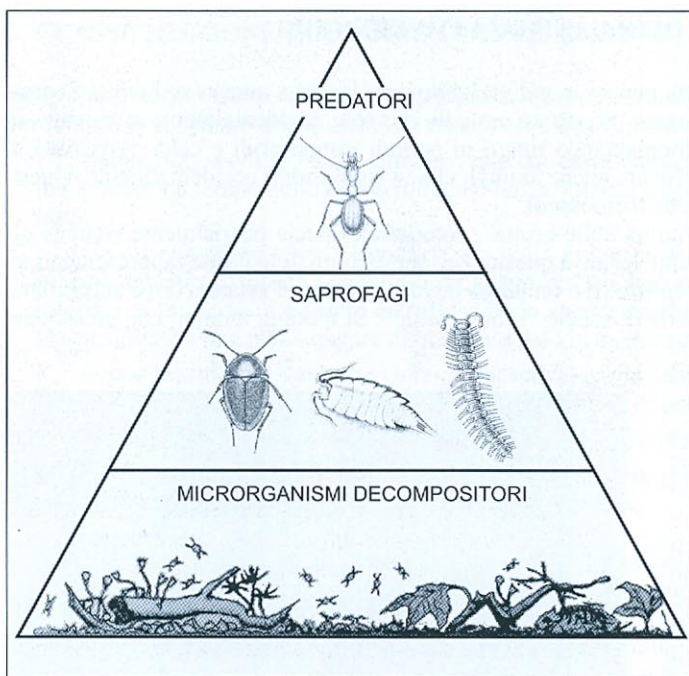
- *Sostanze veicolate dall'aria* - In piccola parte anche l'aria veicola in grotta sostanza organica sotto forma di spore, batteri e pollini che però difficilmente possono raggiungere, con questo mezzo, le zone profonde.



Schema della suddivisione dell'ambiente ipogeo terrestre.

(Da Juberthie e Decu, Enciclopedia biospeologica, 1994, modificato)

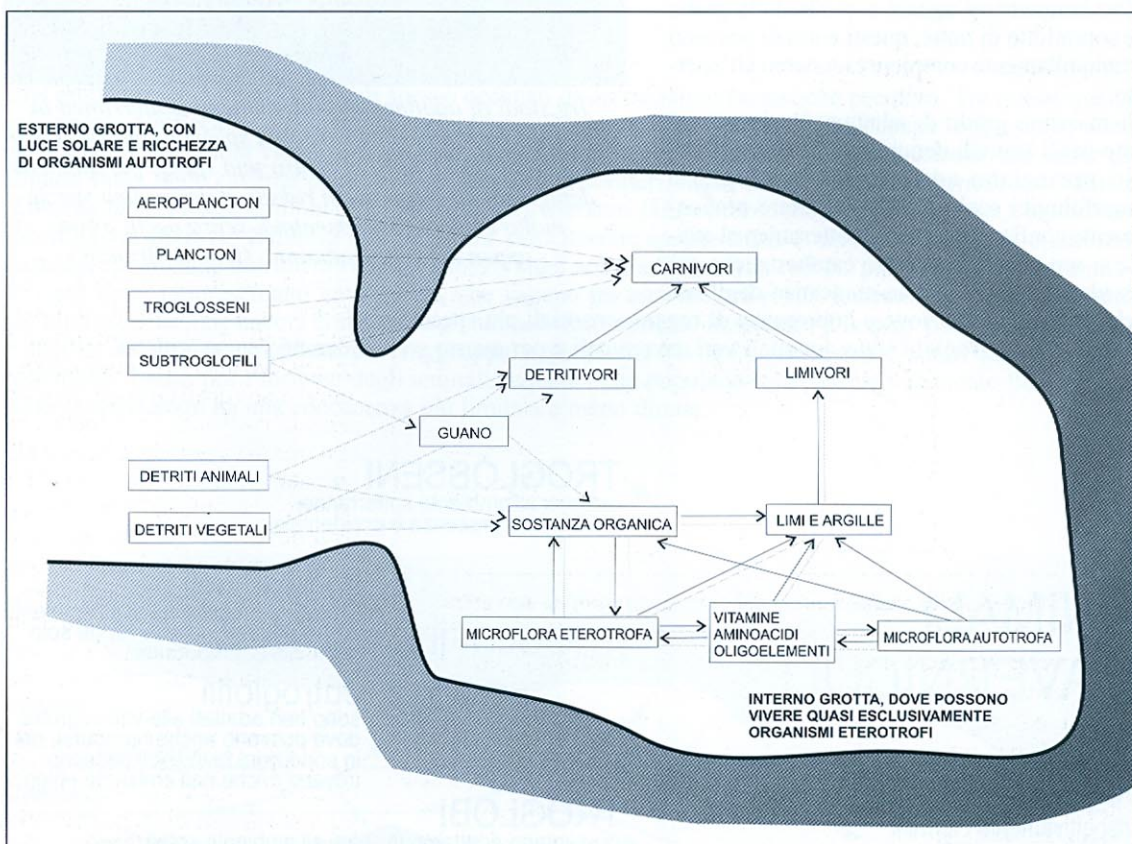
Lo schema evidenzia una fauna umicola e una fauna endogea a livello del suolo e una fauna sotterranea che popola sia le microfessure più vicine alla superficie che le cavità più profonde comprendenti anche le grotte percorribili dall'uomo. Tuttavia, gli adattamenti morfologici e fisiologici degli animali che vivono nell'ambiente sotterraneo fanno sì che non esistano barriere nette tra le faune di questi ambienti. In particolari condizioni meteorologiche anche la fauna dell'ambiente edafico e la fauna endogea possono sconfinare nell'ambiente sotterraneo profondo.



Piramide alimentare di un ambiente sotterraneo terrestre

• *Organismi autotrofi* - Un contributo trofico di difficile quantificazione è fornito dai batteri autotrofi, capaci cioè di elaborare le proprie sostanze organiche partendo da elementi minerali. Nell'argilla o nelle acque termali vivono molte specie di batteri autotrofi che sostengono il proprio metabolismo traendo energia dall'ossidazione di nitriti, ferro e solfuri. Recentemente sono stati scoperti ecosistemi, isolati dall'esterno, basati troficamente su batteri capaci di ossidare composti dello zolfo. Animali limivori, come ad esempio i crostacei del genere *Niphargus*, possono quindi nutrirsi ingerendo argilla e altri organismi che vivono in prossimità di acque sulfuree e possono alimentarsi della flora batterica autotrofa in esse presente.

Il rapporto preda-predatore, la competizione per il cibo e ogni tipo di interazione tra le diverse specie costituiscono ulteriori fattori che condizionano il popolamento ipogeo.



Schema delle relazioni trofiche nell'ecosistema di grotta. Le linee continue implicano un ciclo all'interno della cavità, le linee tratteggiate un ciclo all'esterno.

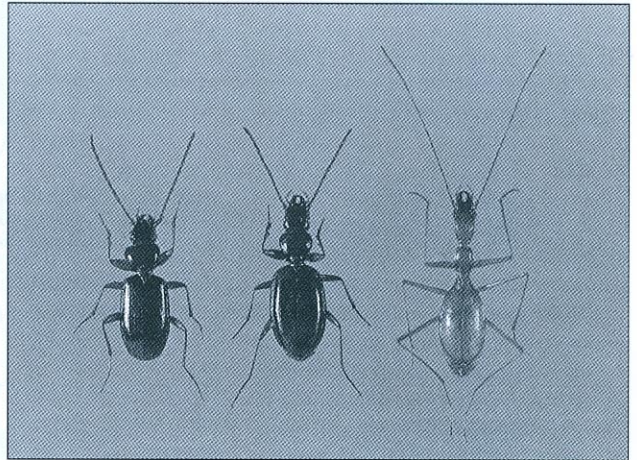
4. CLASSIFICAZIONE ECOLOGICA DEGLI ANIMALI CAVERNICOLI

Molte delle specie che incontriamo in grotta non sono indissolubilmente legate a questo ambiente. Soprattutto nelle parti iniziali delle grotte si possono incontrare animali che solo accidentalmente si trovano in questo ambiente, magari per trovarvi un momentaneo riparo in periodi troppo aridi e caldi. Alla base di pozzi che si aprono all'esterno si possono trovare anche animali che vi sono caduti accidentalmente. Questi sporadici frequentatori delle grotte sono detti **troglosseni**.

La categoria dei **troglofilo**, letteralmente "amici delle grotte", comprende specie parzialmente adattate all'ambiente di grotta, ma non indissolubilmente legate a questo. Per questi animali le grotte rappresentano un rifugio in cui svernare, come è il caso dei pipistrelli, o un luogo dove trascorrere l'estate o dove accoppiarsi come fanno i tricoteri. In questo caso si parla di specie "subtroglofile". Si tratta di animali che presentano predisposizione alla vita in grotta, ma che tuttavia trascorrono all'esterno una parte del loro ciclo vitale. Un'altra categoria di animali presenta adattamenti più spinti alla vita in grotta, con un certo grado di regressione oculare e di depigmentazione. Questi organismi possono, in condizioni particolari, recarsi in superficie. Si tratta degli elementi "eutroglofilo". *Dolichopoda laetitiae*, molto comune nelle grotte dell'Italia centrale, appartiene a questa categoria e alcune specie di coleotteri carabidi del genere *Laemostenus* si possono reperire anche all'esterno. Il geotritone (*Speleomantes* sp.) appartiene a questo gruppo: con umidità e pioggia, con una temperatura uguale a quella della grotta e soprattutto di notte, questi animali possono tranquillamente compiere escursioni all'aperto.

Il massimo grado di adattamento lo troviamo negli animali denominati **troglobi**. Questi presentano adattamenti fisiologici e morfologici così spinti da risultare praticamente confinati al sistema sotterraneo al quale si sono adattati. Le loro caratteristiche più evidenti sono spesso la mancanza degli occhi, la depigmentazione e la presenza di organi sensoriali più specializzati.

Eutroglofilo e troglobi sono dunque i veri cavernicoli e per questo sono chiamati "eucavernicoli".



Tre stadi di adattamento all'ambiente sotterraneo in coleotteri carabidi: a sinistra una specie pigmentata, con occhi ed ali funzionali, al centro una specie parzialmente depigmentata e con occhi ridotti, a destra una specie molto evoluta, depigmentata, senza occhi e con appendici allungatissime. (foto G. Bruno)

ANIMALI CAVERNICOLI

Nel caso di animali acquatici si usano rispettivamente i termini **STIGOSSENSO, STIGOFILO E STIGOBIO**

TROGLOSSENI

estranei all'ambiente sotterraneo dove la loro presenza è accidentale

TROGLOFILI

subtroglofilo

presentano adattamenti all'ambiente sotterraneo e usano le grotte solo come rifugi temporanei

eutroglofilo

sono ben adattati alla vita in grotta dove possono anche riprodursi, ma in condizioni favorevoli possono trovarsi anche nell'ambiente epigeo

TROGLOBI

presentano adattamenti spinti all'ambiente sotterraneo, tanto da esservi indissolubilmente legati

5. CLASSIFICAZIONE ECOLOGICA DELLE GROTTE

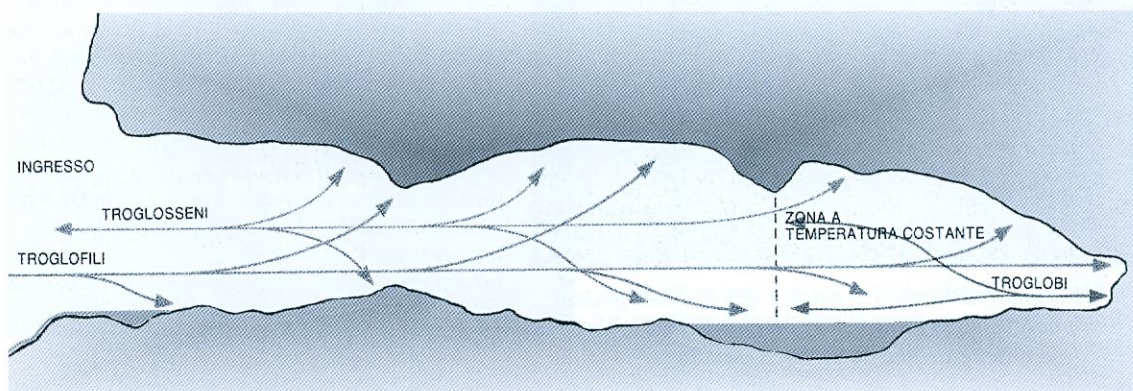
Le grotte possono essere divise in categorie in base alle caratteristiche ambientali che presentano, e in particolare in relazione alla quantità di risorse alimentari presenti:

- *Grotte oligotrofiche* - sono caratterizzate da scarsa disponibilità di risorse alimentari in tutto il volume ipogeo. La temperatura è generalmente bassa. Questa categoria di grotte è tipica delle regioni temperate.
- *Grotte eutrofiche* - sono caratterizzate dalla presenza di notevole quantità di sostanza organica di origine animale costituita soprattutto da guano di chirotteri che sono presenti in colonie di centinaia o migliaia di individui. Le grotte eutrofiche sono spesso tipiche delle regioni tropicali di bassa quota. La temperatura è alta e può superare di qualche grado la media annua delle località in cui le cavità si aprono.
- *Grotte distrofiche* - appartengono a questa categoria le grotte caratterizzate da grandi accumuli di detrito vegetale e povere invece di guano e altre risorse di origine animale.
- *Grotte mesotrofiche* - Costituiscono una categoria intermedia tra i tre tipi precedenti.
- *Grotte picilotrofiche* - Questa categoria è costituita da grotte di un certo sviluppo in cui si distinguono due zone separate, una eutrofica e l'altra oligotrofica.

Le caratteristiche delle due categorie estreme, grotte oligotrofiche e grotte eutrofiche, rispetto a quelle elencate e create più che altro per necessità didattiche, hanno importanti implicazioni sulla evoluzione degli animali cavernicoli. L'aspetto più interessante è che le specie troglobie sono presenti quasi esclusivamente nelle grotte oligotrofiche, in particolare nelle regioni temperate, dove l'elevata specializzazione è indispensabile alla sopravvivenza. Anche in regioni tropicali si possono trovare grotte oligotrofiche, soprattutto a quote elevate, o parti di grotte con caratteristiche oligotrofiche.

6. ASSOCIAZIONI FAUNISTICHE PARTICOLARI

Una grotta presenta micro-ambienti spesso occupati da associazioni faunistiche peculiari. Tra queste quella solitamente più ricca e visibile per lo speleologo è l'"associazione parietale" che occupa le pareti e le volte nelle zone di penombra vicino agli ingressi. Essa è costituita per lo più da specie troglossene, ma anche da abitanti tipici delle caverne come diverse specie di coleotteri, ragni (*Meta menardi*, *Nesticus sp.*), ditteri (*Limonia nubeculosa*), opilioni (*Ischyropsalis sp.*), tricoteri (*Micropterna fissus*, *Stenophilax sp.*), lepidotteri (*Scoliopterix libatrix*, *Triphosa sp.*). Un'altra associazione caratteristica è rappresentata dagli organismi guanobi, che trovano nutrimento e habitat ideale sugli accumuli di escrementi dei pipistrelli. Ci sono animali, i più tipici rappresentanti cavernicoli, che vagano tra concrezioni e vari substrati solidi della grotta. Un'altra associazione ancora comprende gli animali che popolano le raccolte d'acqua, per lo più crostacei; e ancora un'altra associazione può raggruppare quelli che vivono sulla superficie dell'acqua, come i collemboli. Esiste poi l'insieme degli animali acquatici che popolano lo sterminato ambiente freatico, dei quali lo speleologo ha una conoscenza più limitata e meno diretta.



7. ADATTAMENTI ALL'AMBIENTE DI GROTTA

7.1 Adattamenti morfologici

La **depigmentazione** caratterizza tutti i troglubi. Essi presentano una colorazione bianca o rosata e in taluni casi sono persino trasparenti. Nel caso di coleotteri e altri insetti il colore può tendere al bruno per via della chitina che ne costituisce l'esoscheletro. Quest'ultima tende anche a diminuire di spessore. Altra caratteristica comune agli organismi cavernicoli è la riduzione (**microftalmia**) o la mancanza di occhi (**anoftalmia**). Nelle grotte oligotrofiche, cioè povere di cibo, la soppressione per selezione naturale di strutture energeticamente dispendiose e inutili è più spinta. Le forme più specializzate sono anche attere, cioè senza ali. In certi coleotteri, come nel *Leptodirus hohewarti*, le elitre sono addirittura saldate tra loro e presentano un rigonfiamento, chiamato falsa fisogastrìa, che consente di conservare una riserva di umidità in caso di bisogno.

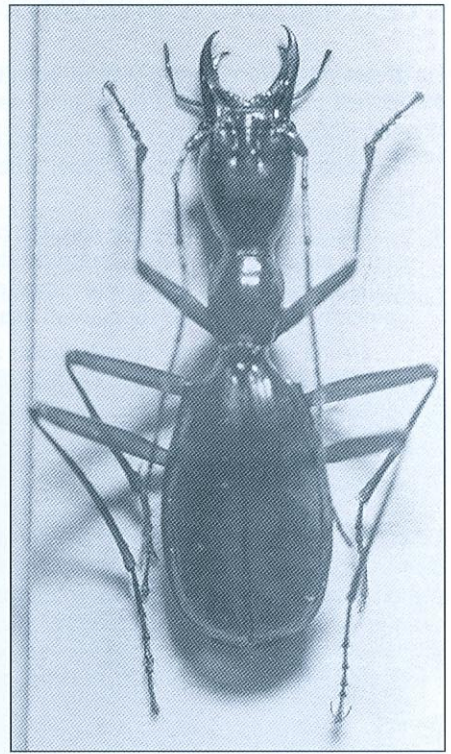
I troglubi invece presentano spesso un notevole **sviluppo di arti, antenne e setole sensoriali**, probabilmente in relazione allo sviluppo, soprattutto nelle antenne, di recettori importanti per la vita in assenza di luce.

7.2 Adattamenti fisiologici

Negli animali bene adattati all'ambiente sotterraneo il metabolismo rallenta e la durata della vita spesso aumenta. Vengono deposte meno uova, ma più ricche di vitello, e diminuisce il numero degli stadi necessari allo sviluppo larvale; questi adattamenti compensano probabilmente la limitata disponibilità di alimenti in grotta. Vantaggiosa, e quindi premiata dalla selezione naturale, risulta la polifagia, cioè la capacità di nutrirsi con sostanze organiche di diversa provenienza. Nei laboratori sotterranei si sono mantenuti in vita per molti mesi esemplari di *Proteus anguinus* e *Niphargus* senza aver mai fornito loro del cibo. Ad essi è bastato sfruttare la pochissima sostanza organica presente nel substrato degli acquari dove erano tenuti o, più semplicemente, hanno digiunato. Gli organismi cavernicoli generalmente perdono il ritmo nicotemurale, mentre i cicli stagionali possono in certi casi essere



Niphargus romuleus. I crostacei anfipodi del genere *Niphargus* sono forse i più noti e diffusi abitatori delle acque sotterranee italiane.

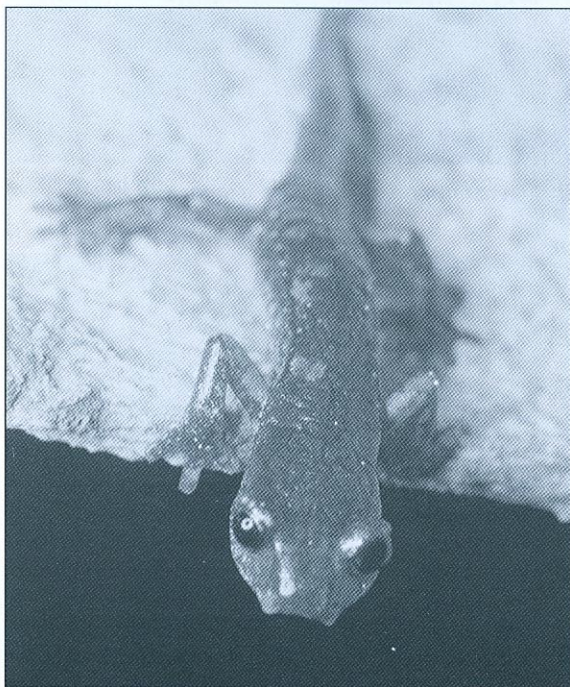
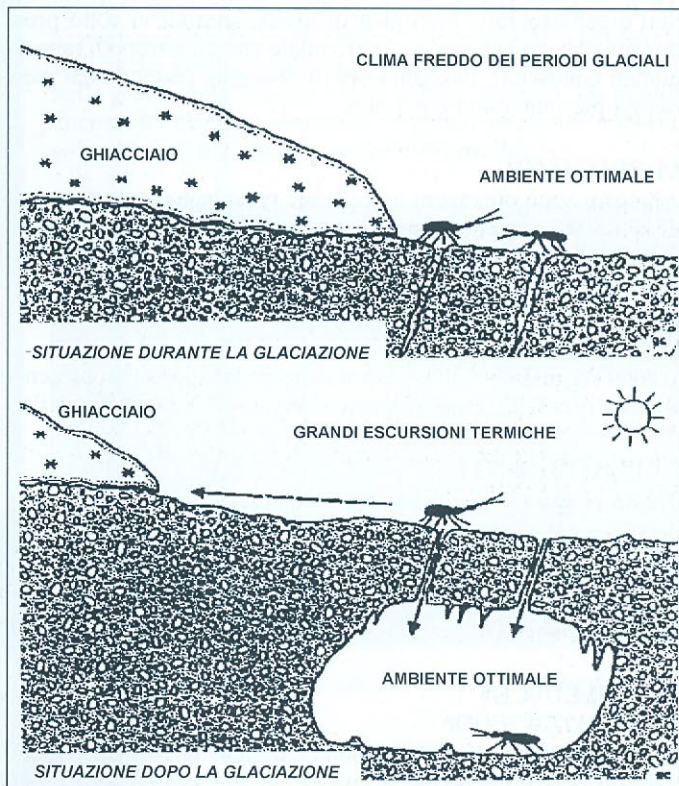


Il superspecializzato e raro coleottero troglubio dei Monti Lessini *Italphaphenops dimaioi*, predatore al vertice della piramide alimentare delle grotte in cui vive.
(foto V. Sbordoni)

mantenuti dalle variazioni del livello delle acque sotterranee. Le specie più rare e specializzate popolano di solito grotte fredde e povere di risorse. L'estrema rarefazione di risorse alimentari seleziona caratteristiche morfologiche e comportamentali adatte alla sopravvivenza in un "ambiente limite" come queste grotte. In grotte tropicali di bassa quota, normalmente ricche di risorse trofiche, la pressione selettiva è ridotta e questo spiegherebbe la presenza più sporadica di veri troglubi che invece sono più frequenti nelle grotte delle regioni temperate. Nel conseguire un adattamento spinto all'ambiente sotterraneo i troglubi ne rimangono però spesso prigionieri. Essi riducono la capacità di dispersione e sono maggiormente condizionati dalle barriere geografiche; questo può condurre, grazie all'isolamento, alla formazione di nuove specie. Massicci carsici relativamente vicini tra loro spesso ospitano specie endemiche diverse appartenenti allo stesso gruppo.

8. INTERESSE BIOGEOGRAFICO E PALEOGEOGRAFICO

Certi animali cavernicoli vengono talora definiti, impropriamente, “fossili viventi”. Per essi l’ambiente sotterraneo è divenuto un rifugio obbligato quando all’esterno sono cambiate le condizioni climatiche o, forse, quando la specie non ha più potuto sostenere la competizione con nuove specie emergenti. Poiché il popolamento dell’ambiente sotterraneo è stato pesantemente condizionato dalle vicissitudini paleogeografiche, lo studio della distribuzione degli animali cavernicoli fornisce un importante contributo alla ricostruzione dell’antico assetto dei mari, delle terre emerse e delle calotte glaciali. Il popolamento delle grotte delle zone temperate, che presentano il maggior numero di veri troglobi, sarebbe in certi casi avvenuto in occasione delle glaciazioni. Specie criofile e igrofile diffuse in aree di taiga a margine delle superfici continentali coperte dai ghiacci, quando il clima è cambiato diventando caldo e arido si sono estinte o hanno trovato rifugio nelle grotte. Queste popolazioni, inizialmente troglifile, hanno dato luogo a specie troglodie sotto la spinta selettiva che ha premiato i



Il geotritone *Speleomantes italicus*

caratteri utili alla sopravvivenza e causato la regressione di altri inutili come la vista e la pigmentazione. Oggi tuttavia si tende anche ad accettare l’idea di una “colonizzazione attiva” del mondo sotterraneo da parte di specie preadattate senza chiamare in causa sconvolgimenti climatici o altre condizioni di necessità. Parallelamente ai “reliqui glaciali”, nelle fasi di raffreddamento del clima le grotte possono aver rappresentato la salvezza per animali poco resistenti agli abbassamenti di temperatura, e tuttavia preadattati alla vita cavernicola, definibili come “reliqui termofili”. Un caso interessante riguarda il geotritone (genere *Speleomantes*) che vive nelle grotte delle Alpi Marittime, dell’Appennino centro-settentrionale e della Sardegna. Il genere ha strette affinità con i pletodontidi delle grotte californiane, a riprova di una remota distribuzione del gruppo su tutto il paleartico. Questo è un tipico caso di specie “reliqua” cui viene spesso attribuita l’impropria definizione di “fossile vivente”. Interessante è anche il fatto che *Speleomantes* sia presente in Sardegna con forme più simili a quelle delle Alpi Marittime, a conferma della deriva della microplacca sardo-corsa che si è staccata dalla Provenza nell’Oligocene.

9. GLI ANIMALI CAVERNICOLI

Quasi tutti i phyla vantano specie cavernicole, ad eccezione di alcuni strettamente marini. Il phylum più rappresentato nelle grotte è sicuramente quello degli artropodi, con insetti e crostacei in testa. Nell'organizzazione biologica di questi animali vi sono probabilmente alcuni preadattamenti alla vita cavernicola, ma occorre anche ricordare che gli artropodi rappresentano nella totalità circa il 95% di tutti gli animali conosciuti. Passiamo ora in rassegna, partendo dai meno evoluti, alcuni tipi di animali citando gli esempi più importanti e più noti.

9.1 PROTOZOI

I protozoi sono organismi unicellulari prevalentemente microscopici e per questo per lungo tempo sfuggiti all'indagine biospeleologica. Ricerche recenti ne hanno rivelato la presenza di molte decine di specie nel fango e nel guano o come parassiti di animali cavernicoli. Difficile per ora dire se esistano specie troglobie, cioè esclusive dell'ambiente di grotta.

9.2 PORIFERI

Recenti segnalazioni attribuiscono anche alle spugne rappresentanti stigobi che vivono in acque sotterranee, in piena oscurità, come *Higginsia ciccaresei* della Grotta della Zinzulusa.

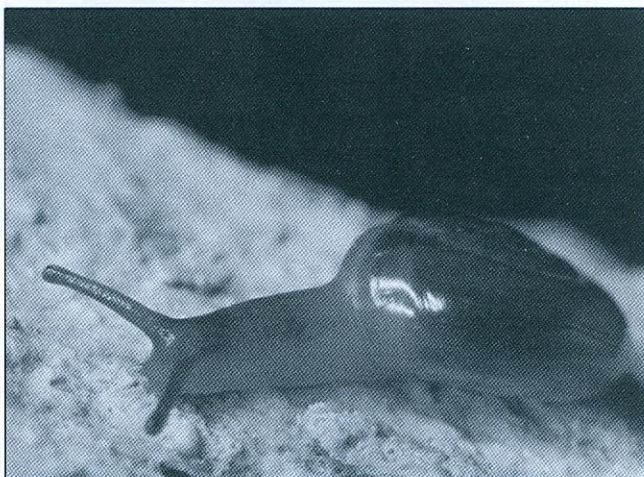
9.3 PLATELMINTI

Questo phylum molto primitivo comprende alcune specie viventi in acque interstiziali o in sorgenti carsiche appartenenti all'ordine dei tricladi, appartenenti ai generi *Dugesia* e *Dendrocoelum*.

9.4 MOLLUSCHI

9.4.1 GASTEROPODI

Tutti i gasteropodi amano l'umidità e quindi possono occasionalmente occupare gli ingressi delle grotte. Per essi assume quindi un significato particolare il termine "troglosseno". Tra gli elementi terrestri ricordiamo il troglofilo *Oxychilus draparnaudi*, che presenta come importante adattamento alla vita in grotta la presenza dell'enzima chitinasi nei succhi gastrici che gli permette una dieta carnivora. Tra i componenti della fauna stigobia ricordiamo il genere *Zospeum* con alcune interessanti specie endemiche di alcune località dell'Italia settentrionale. I suoi nicchi sono lunghi al massimo un paio di millimetri.



Il gasteropode *Oxychilus draparnaudi*.

9.5 ANELLIDI

Numerose classi di anellidi presentano specie cavernicole. Da ricordare il polichete coloniale stigobio *Marifugia cavatica*, relitto di antica origine marina presente nelle acque sotterranee dal Carso triestino al Montenegro.

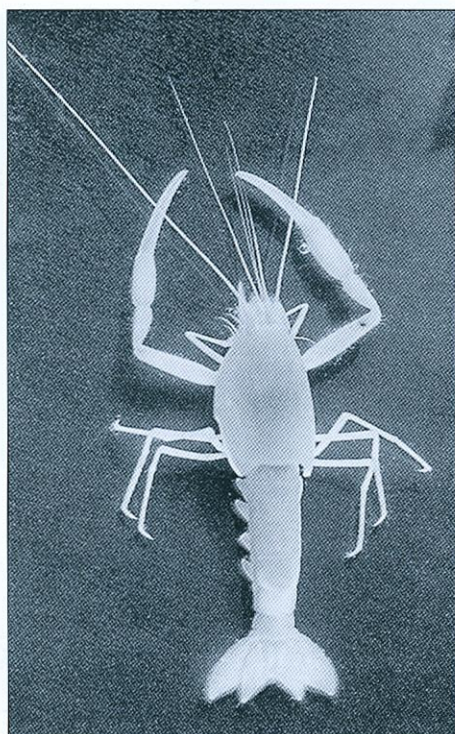
9.6 ARTROPODI

9.6.1 CROSTACEI

Copepodi - Questo gruppo di crostacei è presente in tutto il pianeta con tantissime specie di piccole dimensioni. Moltissimi gli endemismi e grande il numero di specie presenti nelle acque sotterranee italiane.



Immagine al microscopio del crostaceo copepode *Acanthocyclops vernalis*.



Typhlocaris salentina - lunghezza 50 mm (foto S. Mele, S. Inguscio)



Il crostaceo isopode *Androniscus dentiger*

Anfipodi - I laghi sotterranei, le pozzette di stillicidio e le acque interstiziali ospitano spesso specie troglobie del genere *Niphargus*. Da segnalare le specie di *Salentinella*, *Hadzia* e la rarissima ed enigmatica *Metaingolfiella*, del Salento.

Misidacei - *Spelaeomysis bottazzii* e *Stygiomysis hydruntina* sono le due sole specie di acque sotterranee italiane, entrambe molto interessanti e rinvenute in Puglia.

Decapodi - Da segnalare per le dimensioni sia il genere *Troglocaris*, del Carso triestino che la specie *Typhlocaris salentina*, nota per la Grotta della Zinzulusa.

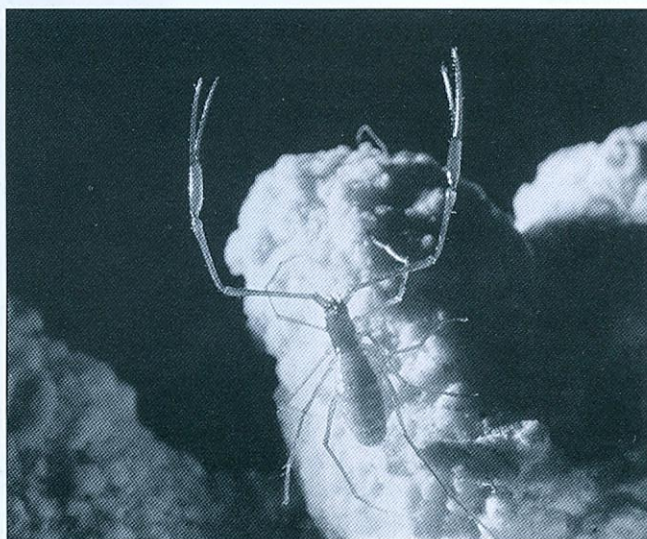
Anche gli ordini dei Batinellacei e dei Termosbenacei presentano specie cavernicole con importanti endemismi italiani.

9.6.2 ARACNIDI

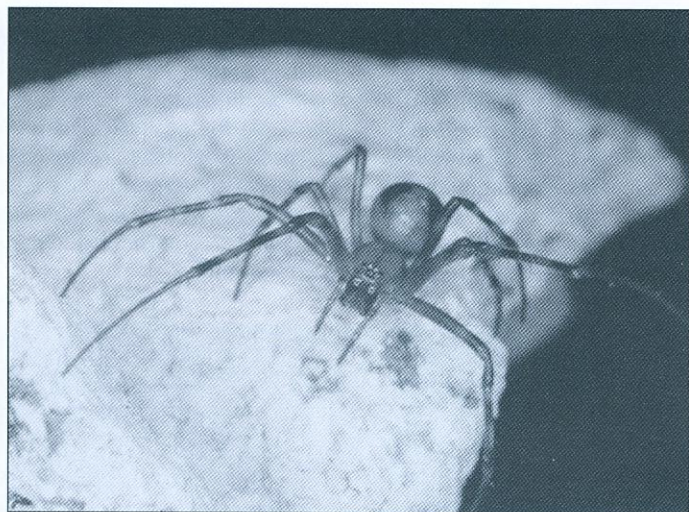
Acari - Presentano molte specie che vivono in grotta. Curioso è il caso della zecca *Ixodes vespertilionis*, che vive in grotta attendendo i pipistrelli per parassitarli.

Pseudoscorpioni - Questo ordine vanta un gran numero di specie troglobie nell'area mediterranea. Per l'Italia i più noti sono i generi *Chthonius*, *Neobisium* e *Roncus*.

Opilioni - Si distinguono dai veri ragni per avere prosoma (cefalotorace) e opistosoma (addome) fusi in un unico blocco, mentre i



Lo pseudoscorpione *Neobisium spelaeum*.
(foto V. Sbordoni)



Il ragno *Meta menardi*

ragni presentano invece il corpo diviso in due da una strozzatura. Abbastanza comuni nelle grotte fredde delle Alpi e degli Appennini sono gli opilioni appartenenti al genere *Ischyropsalis*.

Ragni - Le grotte sono popolate da molte specie di ragni, tra cui anche diversi troglobi, come quelli appartenenti ai generi *Stalita* e *Troglohyphantes*. Nell'associazione parietale delle grotte italiane vivono ragni del genere *Nesticus* e spicca *Meta menardi*, un predatore che vive non lontano dagli ingressi e tesse tele più adatte a catturare insetti che camminano sulle pareti piuttosto che i volatori, rari in grotta.

9.6.3 CHILOPODI

I Chilopodi sono predatori carnivori che vantano notevoli preadattamenti alla vita in ambiente sotterraneo, occupando di norma l'ambiente endogeo, soprattutto gli interstizi umidi sotto le pietre. Si possono dunque incontrare facilmente anche in grotta, ma non si tratta quasi mai di veri troglobi.

Tra la settantina di litobiidi reperibili nelle grotte italiane è presente una specie sicuramente troglobia che vive nella Grotta del Bue Marino in Sardegna, *Lithobius sbordonii*, anofalma e con antenne molto sviluppate.

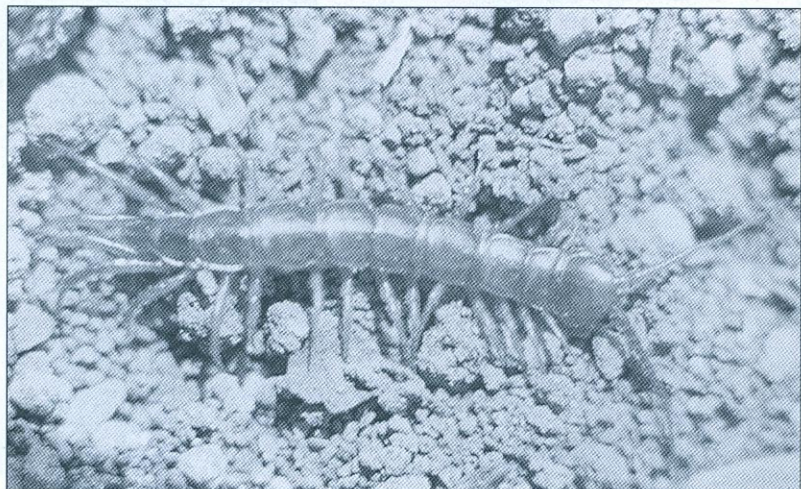


L'opilione *Ischyropsalis apuanus* (foto V. Sbordoni)

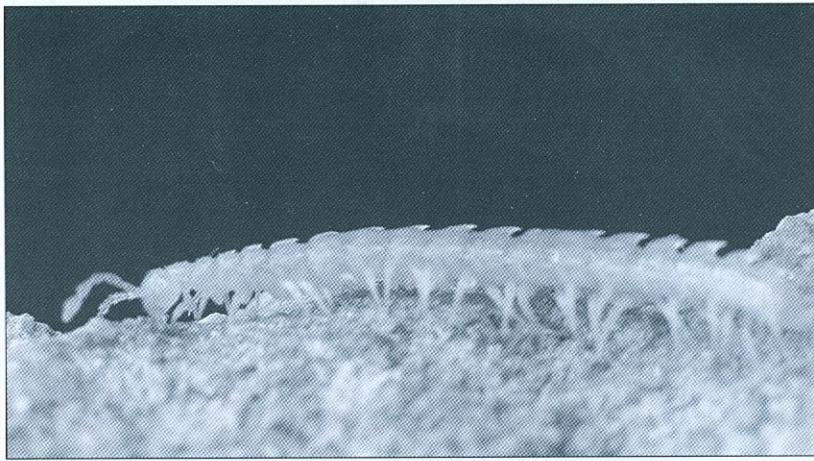
9.6.4 DIPLOPODI

Polidesmidi - Molte decine di polidesmidi troglobi popolano le grotte con abitudini detritivore. Interessanti i generi *Serradium*, presente nel nord-est d'Italia, e *Crossosoma* nel nord-ovest.

Iulidi - Sono simili ai noti "millepiedi" epigei. Presentano molte specie saprofaghe adattate all'ambiente di grotta. Anche molte specie epigee presentano preadattamenti alla vita cavernicola. Da segnalare il genere *Typhloiulus* con molte specie che, come avviene per molti diplopodi, appartengono a ben delimitate province faunistiche.

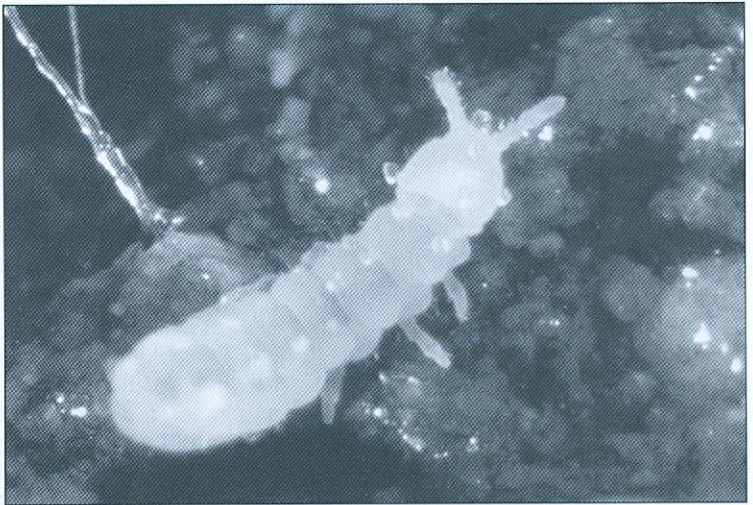


Lithobius sbordonii della grotta del Bue Marino (Sardegna).
(foto V. Sbordoni)

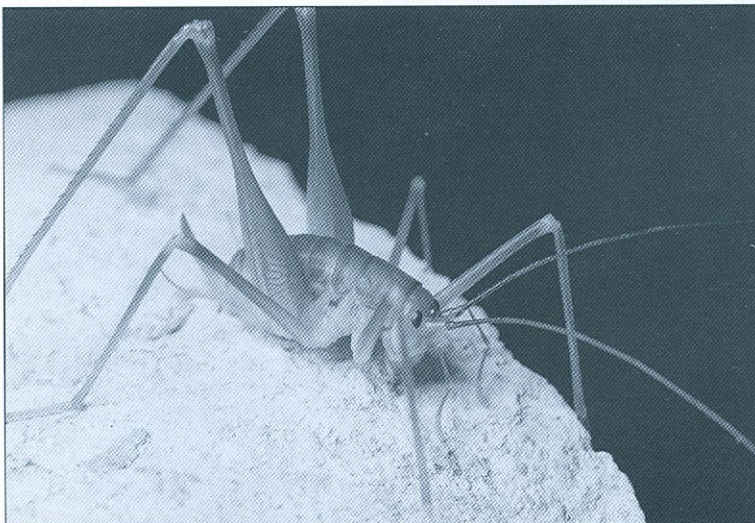


Il diplopode *Brachydesmus* sp. delle grotte dell'Appennino umbro-marchigiano.

sissimi nell'ambiente edafico, presentano anche nelle specie epigee adattamenti alla vita cavernicola. È quindi difficile stabilire se gli elementi reperiti in grotta siano veri troglobi. Essi sono comunque molto importanti nella catena alimentare perché sono divoratori di ogni sostanza organica in decomposizione ed essendo predati da altri animali cavernicoli costituiscono un anello importante della catena alimentare. Da ricordare per le grotte italiane i generi *Hypogastrura* ed *Onychiurus* che, avendo il corpo ricoperto di uno strato ceroso, possiamo reperire anche sulla superficie di piccole



Il collembolo *Onychiurus banii*, endemico del sistema carsico di Monte Nerone (Marche - PS)



Dolichopoda laetitiae, ortottero molto comune nelle grotte dell'Italia centrale.

9.6.5 INSETTI

La classe degli insetti è di gran lunga la più ricca di specie e la più diffusa in tutto il pianeta. Divisa in una trentina di ordini essa comprende circa un milione di specie note, mentre si calcola che una quantità ben maggiore attende ancora di essere scoperta. Non sorprende quindi che gli insetti siano presenti anche nelle grotte in maniera numericamente preponderante.

Collemboli - Questi insetti, che sono numerosi e diffusi

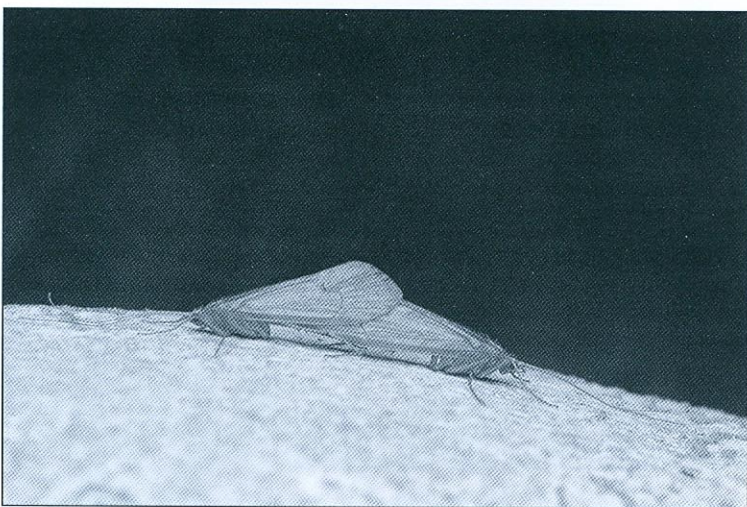
raccolte d'acqua.

Dipluri - la famiglia dei Campodeidi annovera diverse specie cavernicole. Da ricordare *Campodea*, *Plusiocampa* e *Metajapyx*.

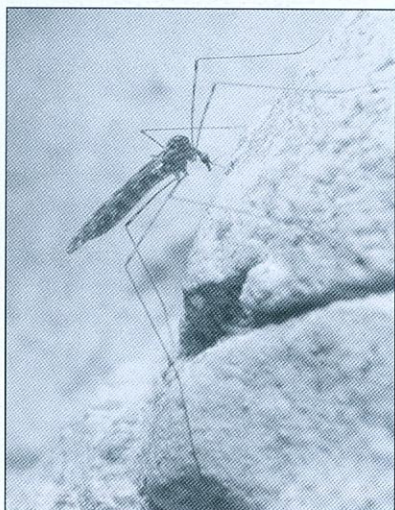
Ortotteri - "Cavallette di grotta" del genere *Dolichopoda* e *Troglophilus* sono molto diffuse nelle grotte italiane con popolazioni spesso significative concentrate in zone non lontane dagli ingressi. Questi animali sono sia predatori che saprobi e tendono ad uscire dalle grotte nelle notti

umide. Non è raro incontrare dollicopode in cantine, cavità artificiali, cisterne od ogni altro luogo buio e umido.

Tricotteri - La famiglia degli stenofilacini comprende alcune specie che trascorrono l'estate in grotta per accoppiarsi. In autunno, mentre il maschio muore, la femmina esce dalle grotte e deposita le uova nei ruscelli montani dove si sviluppa l'inconfondibile larva capace di costruirsi foderi cementando pietruzze ed altro materiale. Dopo lo sfarfallamento primaverile i tricoteri cavernicoli cercano di nuovo le grotte per ripetere il ciclo. Da ricordare i generi *Stenophilax* e *Micropterna*.



I tricoteri rimangono lungamente in copula in grotta nel periodo primaverile-estivo



Il dittero Limonia nubeculosa

Lepidotteri - La fauna parietale delle grotte italiane, in zone prossime alla superficie, comprende comunemente le farfalle *Scoliopterix libatrix* e altre specie del genere *Triphosa*. Nessun lepidottero può essere considerato troglobio.

Ditteri - In estate gli ingressi delle grotte sono spesso invasi da insetti solo apparentemente simili alle zanzare. Una delle più note è la specie *Limonia nubeculosa*, classificabile come componente subtroglifila della fauna parietale.

Coleotteri - Le oltre 300.000 specie note fanno di questo ordine il più rappresentato in assoluto. Molti collezionisti si dedicano a questi insetti, e anche i coleotteri di grotta, migliaia di specie appartenenti soprattutto alle famiglie dei carabidi e dei colevidi (catopidi), non sfuggono ad una ricerca mirata e assidua anche con l'uso di esche di vario tipo. I carabidi, con molti elementi troglobi, sono i superpredatori delle grotte. Da segnalare i generi *Aphaenops*, e *Duvalius*, ma è veramente impossibile condensare in poche righe



Orostygia sp., colevide lepto-dirino endemico delle prealpi venete. (foto V. Sbordoni)

l'enorme varietà di specie, appartenenti al gruppo dei trechini, che popolano le grotte italiane. alcune di esse sono molto rare, endemiche e specializatissime. I colevidi sono invece saprobi. Il gruppo che in particolare presenta soprattutto elementi cavernicoli è quello dei leptodirini (baticcini), con oltre 750 specie nel mondo che vivono in grotta. La specie più famosa è sicuramente *Leptodirus hochenwarti*, la cui morfologia si discosta tuttavia molto da quella tipica dei colevidi. Ricchi di specie sono in Italia i generi *Bathysciola* e *Boldoria*.

Stafilinidi, isteridi, pselafidi, ditiscidi e curculionidi sono altre famiglie di coleotteri che annoverano elementi più o meno adattati a vivere in grotta.

Annoverano alcune specie cavernicole anche altri ordini di insetti come tisanuri, blattoidei, dermatteri, psocotteri ed emitteri.

9.7 VERTEBRATI

9.7.1 PESCI - Le grotte europee non sono popolate da pesci cavernicoli. Molto interessanti sono invece le specie stigobie presenti nelle acque delle grotte americane, africane e asiatiche.

9.7.2 ANFIBI - Presentano specie cavernicole in tutto il mondo. Il rappresentante più famoso è il proteo (*Proteus anguinus*), che vive nelle acque sotterranee del Carso e della Dalmazia. Il proteo è lungo fino a 30 cm e da secoli eccita la fantasia delle popolazioni che in occasione di grandi piene si ritrovano anche nei fiumi all'esterno. L'adulto è cieco e depigmentato, mentre la larva presenta abbozzi oculari che regrediscono con lo sviluppo. Esiste una sottospecie in Bela Krajina (Slovenia) nera e dotata di occhi.

Molto importante per le grotte dell'Appennino e delle Alpi Marittime, dove è presente con 3 specie, e della Sardegna, dove è presente con 4 specie, è il geotritone (*Speleomantes*). Questo pletodontide non presenta adattamenti spinti alla vita in grotta e può essere considerato un troglolofilo.

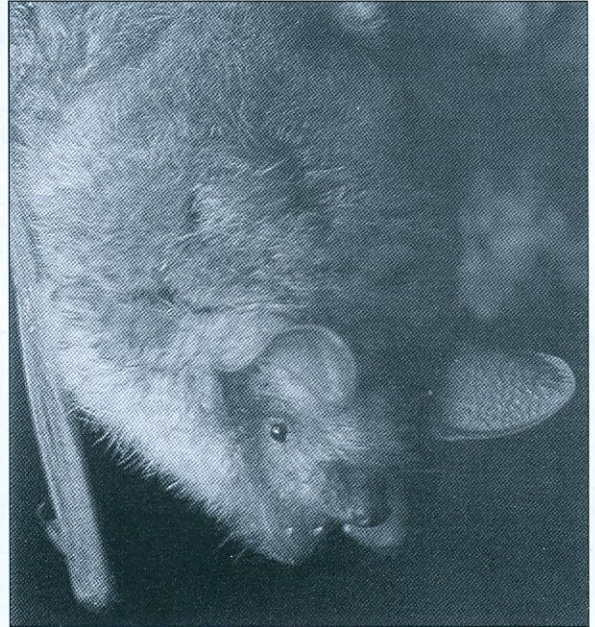
9.7.3 RETTILI - Solo specie trogllossene o troglolofile, prevalentemente in grotte tropicali.

9.7.4 UCCELLI - Molto peculiare è una specie che vive nelle grotte del Venezuela, il guacharo (*Steatornis caripensis*), che esce di notte per nutrirsi di frutta e si orienta tramite ecolocazione come i pipistrelli.

9.7.5 MAMMIFERI - Ghiri, topi selvatici, ratti e faine possono inoltrarsi facilmente nelle grotte, ma una vera troglolofilia è presente soltanto nei chirotteri. Alcune specie di pipistrelli, tra la trentina presenti in Italia, ibernano nelle grotte e vi trascorrono le giornate estive, uscendo solo all'imbrunire a caccia di insetti. Queste specie sono da considerare sub-troglolofile. *Rhinolophus ferrumequinum*, *R. Hipposideros* e *Miniopterus schreibersii* sono le specie più diffuse, assieme al genere *Myotis*. I pipistrelli delle nostre latitudini sono insettivori specializzati e in inverno non trovano quindi prede a disposizione. Vanno allora in letargo in grotta, dove trovano un ambiente con umidità a saturazione che li protegge dalla disidratazione, come avverrebbe all'esterno attraverso la sottile membrana alare densamente vascolarizzata (patagio), tesa tra le lunghe dita. Durante il soggiorno ipogeo essi abbassano la temperatura corporea ai livelli della temperatura ambiente, con notevole risparmio di energia metabolica. Le femmine partoriscono in grotta all'inizio dell'estate costituendo cospicui assembramenti in sale molto appartate, vere e proprie nurseries. Anche l'accoppiamento può avvenire in grotta tra la fine dell'estate e i mesi successivi.

Pur essendo provvisti di occhi, i pipistrelli si orientano emettendo ultrasuoni e interpretando gli echi che ritornano nei padiglioni auricolari particolarmente sviluppati. Questa è per loro una vera e propria vista, non basata su onde elettromagnetiche riflesse o emanate dai corpi, ma su onde meccaniche, sostenute dall'aria e riflesse dagli oggetti. Questa loro ecolocazione è tanto efficiente che li rende capaci di compiere ardite evoluzioni aeree e permette loro di localizzare le prede e catturarle in volo.

I pipistrelli europei sono tutti innocui e non attaccano mai l'uomo, a dispetto delle molte leggende che li vogliono temibili e pericolosi. Essi sono anzi molto utili nell'azione di controllo delle popolazioni degli insetti e anche per questo la legge li protegge



Il chirottero vespertilionide Myotis emarginatus

10. CACCIA, RACCOLTA, CONSERVAZIONE

Se si è veramente motivati a studiare la fauna sotterranea occorre conoscere i principali metodi di caccia, raccolta, e conservazione.

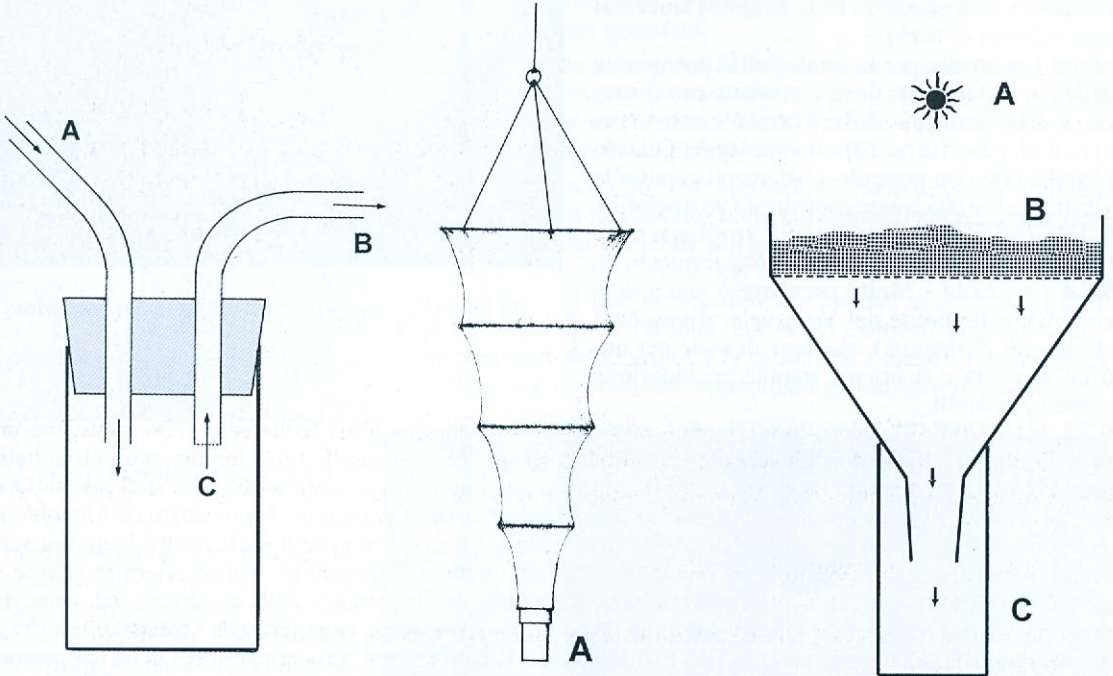
10.1 La caccia e la raccolta

La "caccia" può essere effettuata "a vista" e il prelievo dell'animale può avvenire con pinzette molli per specie abbastanza grandi, oppure con pennellino bagnato per gli esemplari più piccoli. Animali molto piccoli possono essere raccolti con un aspiratore. Specie che vivono all'interno di substrati di guano o di altra sostanza organica o terriccio possono essere estratti con l'apparecchio di Berlese. Specie che vivono nelle raccolte d'acqua possono essere catturate con un retino da plancton. Per concentrare gli animali cavernicoli si possono lasciare sotto i sassi esche odorose costituite da carne avariata o formaggio. Sconsigliabile è invece l'uso di trappole a caduta che, se dimenticate in grotta, possono decimare la fauna con danni notevoli.

10.2 La conservazione

L'ideale è l'uso di tubetti di plastica, o anche di vetro, in cui mettere, immersi in alcool al 70% gli esemplari raccolti. Dentro il tubetto si inserisce una etichetta scritta a matita recante informazioni su: data di raccolta e nome del raccoglitore, località, grotta (con numero di catasto se esistente), l'ambiente di raccolta, la distanza dall'ingresso, temperatura, umidità relativa, eventuali altri parametri chimico-fisici ed eventuali note etologiche relative all'animale.

Per coleotteri e lepidotteri è meglio procedere all'uccisione degli esemplari in scatole contenenti trucioli di sughero ed etere acetico. Per i coleotteri in particolare si consiglia una soluzione con il 92% di alcool al 70% e l'8% di acido acetico glaciale, che non irrigidisce gli esemplari e ne facilita lo studio.



Aspiratore a bocca adatto alla raccolta di piccoli animali. Aspirando dal tubo B si crea una depressione in quello A e quindi basta avvicinare l'estremità di questo tubo all'animale da catturare perché questo venga risucchiato all'interno. Nel punto C una griglia impedisce la fuoriuscita degli esemplari catturati.

Retino per la cattura di fauna acquatica planctonica. La componente A funge da recipiente di raccolta e deve avere un certo peso per facilitare i lanci e il recupero. Le maglie del retino devono essere non più larghe di frazioni di millimetro.

"Apparecchio di Berlese" per catturare piccoli animali infossati su un substrato. L'apparecchio è costituito da un largo imbuto dotato nella parte alta di una griglia a maglie sufficientemente larghe. Una sorgente A di luce e di calore riscalda il substrato B per cui i piccoli organismi scendono verso il basso fino a cadere nel tubo di raccolta C.

11. STUDIO

Gli animali cavernicoli si prestano a diversi importanti approcci di ricerca. Abbiamo già visto come lo studio degli areali di distribuzione possa consentire indagini biogeografiche e paleogeografiche, mentre le peculiari condizioni di isolamento geografico in cui vengono a trovarsi gli animali troglobi consente importanti studi di genetica di popolazione e l'osservazione delle convergenze adattative permette studi sull'evoluzione della specie in condizioni più controllabili e semplificate rispetto ad altri ambienti. In questo senso le grotte sono i laboratori naturali forse più interessanti. Naturalmente i biospeleologi sono interessati in primo luogo alla collocazione sistematica degli elementi reperiti. Il riconoscimento specifico degli esemplari è solitamente molto difficile e tale determinazione deve essere fatta dagli specialisti di quel gruppo di animali. L'ideale è giovare dell'appoggio di un istituto universitario di zoologia o di curatori museali esperti del settore. Studi seri a carattere ecologico od etologico possono essere fatti in laboratori sotterranei dove sono ricreate le condizioni ambientali della grotta. Il più famoso di questi laboratori è quello francese di Moulis, nei Pirenei, ma anche in Italia, grazie all'impegno di appassionati della biospeleologia, esistono laboratori sotterranei dove sono allevati e studiati animali cavernicoli.

Importanti conoscenze sono state conseguite con gli allevamenti nel Laboratorio biospeleologico dell'Università di Roma, in Piemonte è attivo il laboratorio scientifico della Grotta di Bossea e a Trieste c'è lo "Speleovivarium". Molto attivi sono i biospeleologi veneti, con il Laboratorio di biologia sotterranea di Verona, il Laboratorio sotterraneo di Villa Papadopoli (Vittorio Veneto) e il Laboratorio didattico di biospeleologia "A. Saccardo" di Nervesa della Battaglia (Treviso).

ENTI ISTITUZIONALI DI RIFERIMENTO PER LA BIOSPELEOLOGIA

Vengono di seguito elencati i principali enti cui poter chiedere informazioni sulla biospeleologia in generale e indicazioni sugli specialisti che possono determinare gli animali raccolti in grotta. Naturalmente enti e persone che potrebbero essere utili a chi voglia intraprendere studi faunistici ipogei sono molti di più, ma abbiamo scelto quelle istituzioni stabili nel tempo e per le quali lavorano più biospeleologi e molti altri collaborano.

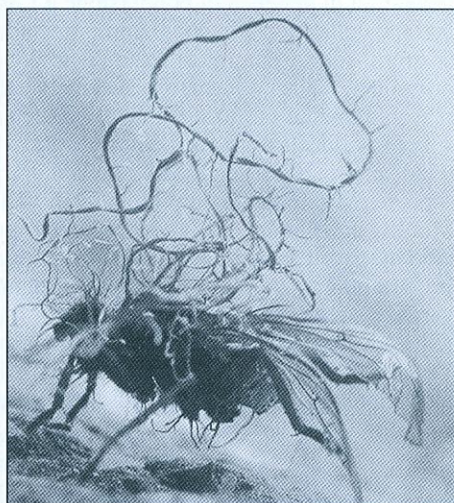
- Museo di Storia Naturale di Verona. Lungadige Porta Vittoria, 9 - 37129 Verona
- Centro di Studio per la Faunistica ed Ecologia Tropicali - C.N.R.. Via Romana, 17 - 50125 Firenze
- Università di Roma "La Sapienza". Dipartimento Biologia Animale e dell'Uomo - Istituto di Zoologia. Viale dell'Università, 32 - 00185 Roma
- Università di Roma "Tor Vergata". Dipartimento di Biologia. Viale della Ricerca Scientifica 00133 Roma
- Università di L'Aquila. Dipartimento di Scienze Ambientali. Via Vetoio - 67010 Coppito, L'Aquila
- Università di Sassari, Dipartimento di Zoologia e Antropologia Biologica. Via Muroni, 25 - 07100 Sassari
- Università di Catania, Dipartimento di Biologia Animale. Via Androne, 81 - 95124 Catania.

Aggiungiamo indirizzo e sito della Società Internazionale di Biospeleologia dove si trovano anche link con moltissimi siti, anche italiani, di argomento biospeleologico e con importanti raccolte bibliografiche.

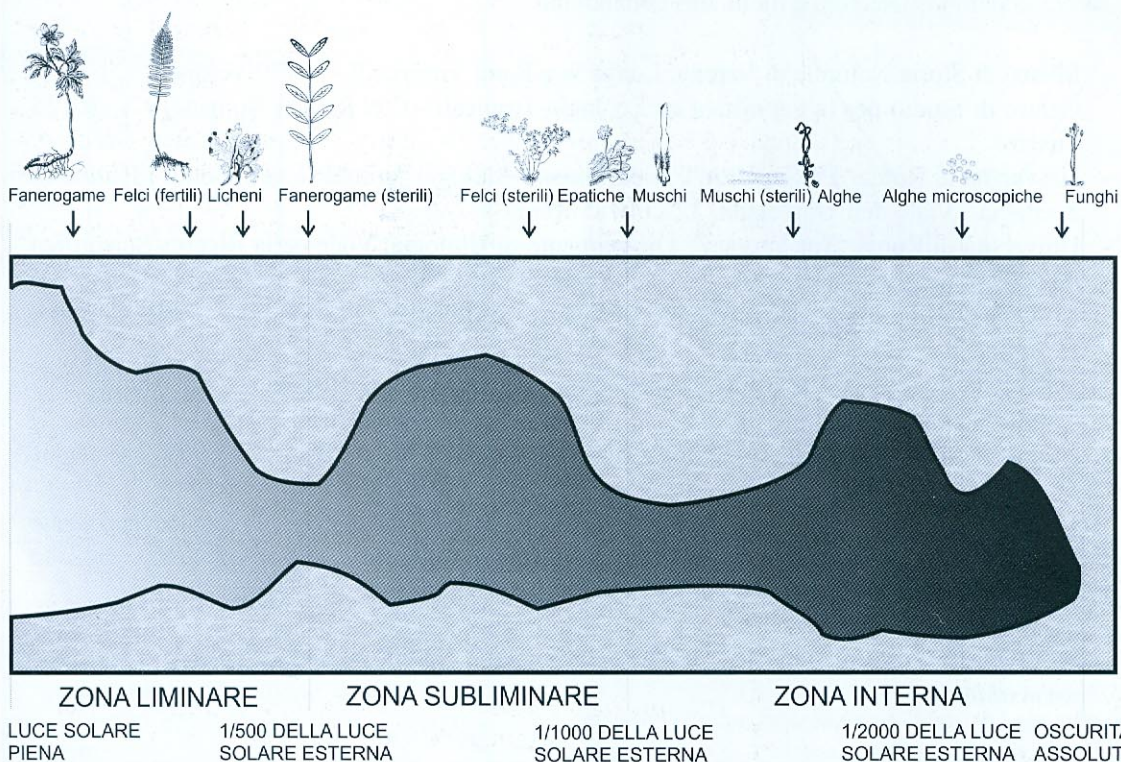
- SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DE BIOSPÉOLOGIE - 09200 Moulis - France
www.sibios.org

12. LA FLORA DELLE CAVERNE

Gli organismi autotrofi, che comprendono tutte le piante superiori, necessitano dell'energia fornita dalla radiazione solare per compiere la fotosintesi clorofilliana necessaria alla loro crescita e sopravvivenza. Nel buio completo delle grotte possono vivere soltanto i funghi, che si avvalgono di sostanze organiche preformate (sono eterotrofi) e certi batteri, che sono autotrofi, ma traggono sostentamento dall'ossidazione di elementi e composti minerali. I funghi possono essere sia parassiti di viventi che saprobi con forme appartenenti soprattutto alle Laboulbeniales. La grotta comprende tuttavia anche una zona di ingresso, illuminata, e aree sempre più interne che divengono gradualmente più buie. Questo ambiente, ancora parzialmente illuminato, con temperatura che presenta limitate escursioni nel tempo e con umidità crescente verso l'interno, consente lo sviluppo di diverse specie vegetali. Abbandonando progressivamente le parti più illuminate scompaiono prima le fanerogame, poi le felci, i muschi, i licheni e infine le alghe. Alghe microscopiche possono essere osservate in zone ipogee dove penetra appena 1/2000 della luce esterna. Interessante notare che risalendo dall'umido buio dell'interno della cavità verso l'esterno si incontrano i tipi di piante disposti secondo un ideale ordine che ripercorre le tappe dell'evoluzione nel colonizzare le terre emerse affrancandosi progressivamente dall'ambiente acquatico. Più avanti, nell'oscurità assoluta, si trova il regno dei funghi e dei batteri, ma soprattutto degli animali carnivori o saprobi, svincolati dalla presenza delle piante verdi e da tutto quel mondo luminoso e variabile che ci è familiare.



Come adattamento alla scarsità di risorse delle grotte certi funghi si comportano prima da parassiti sull'animale vivo e poi da saprofiti una volta morto l'ospite.
(Da G. Thinès e R. Tercafs, 1972)



12.1 Montagne capovolte

Un caso particolare è rappresentato dalle grandi doline. In queste concavità la luce è disponibile, ma la depressione che le caratterizza tende ad imprigionare l'aria fredda, più pesante, tanto da favorire un microclima e un ecosistema particolare. Scendendo nella dolina, disposte secondo un gradiente continuo verso il fondo, si incontrano specie vegetali proprie di altitudini più elevate o di latitudini più settentrionali, se non addirittura relitti glaciali.

12.2 Protagonisti al microscopio

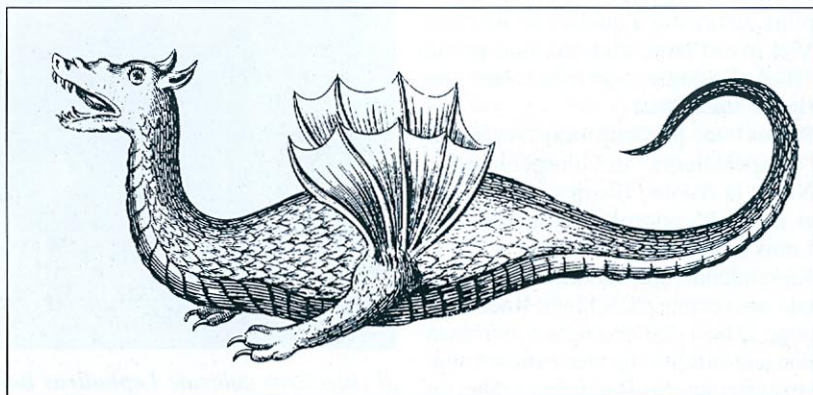
Le indagini sui batteri che vivono in grotta sono molto recenti e rappresentano la frontiera avanzata delle ricerche biospeleologiche. Quando le conoscenze al riguardo avranno raggiunto un livello sufficiente allora sarà più facile la comprensione dell'ambiente di grotta, sia per quanto riguarda gli apporti trofici in relazione alla presenza di batteri autotrofi, sia in relazione al concrezionamento e alla speleopoesi. Recenti studi hanno infatti dimostrato una azione attiva dei batteri nella cristallizzazione del carbonato di calcio. L'incantato mondo sotterraneo ornato di stalattiti e stalagmiti così come oggi lo vediamo è stato costruito anche grazie all'azione di microscopici esseri viventi che si sviluppano nelle concrezioni.

Da segnalare la scoperta della grotta rumena di Movile, un piccolo sistema ipogeo casualmente rinvenuto nel 1986 durante una trivellazione e rimasto completamente isolato negli ultimi cinque milioni di anni. Questo ritrovamento ha posto la comunità scientifica di fronte ad un ecosistema interamente sostenuto troficamente da batteri capaci di ossidare composti dello zolfo. Il biospeleologo rumeno Serban Sarbu ha scoperto in questa grotta specie di grande interesse filogenetico del tutto sconosciute attribuibili anche a nuovi generi e famiglie. Lo studio dei batteri autotrofi assume per i biospeleologi importanza crescente nell'analisi dell'ecosistema sotterraneo. Anche in Italia è stato recentemente aperto un filone di ricerche sulle grotte caratterizzate da acque sulfuree e dalla peculiare flora batterica in esse presente.

13. CENNI STORICI SULLA BIOSPELEOLOGIA

La biospeleologia è una disciplina scientifica affermata in tempi piuttosto recenti. Le grandi civiltà storiche, sia occidentali che orientali, hanno visto le grotte come luoghi sinistri, dimora di inferi ed albergo delle scatenate forze del male. Non così è avvenuto per l'uomo preistorico che ha lasciato nelle grotte segni notevoli della sua presenza. Le famose grotte di Altamira e Lascaux, e la Grotta Chauvet, scoperta nel 1994, testimoniano di una frequentazione delle grotte da parte degli uomini nel periodo compreso tra 30.000 e 15.000 anni fa. Un disegno in una grotta della regione francese dell'Ariege comprende un *Troglophilus*, un tipico animale cavernicolo. L'ignoto artista potrebbe essere considerato il primo biospeleologo. A parte questa curiosità, le grotte furono ritenute prive di una loro peculiare fauna non solo dalle antiche civiltà, ma per tutto il Medioevo. In quest'ultimo periodo ricorrevano racconti fantastici di malefici draghi che dimoravano nelle grotte assieme a streghe maligne e orribili mostri. Col Rinascimento, grazie all'affermarsi di un nuovo modo di pensare che spinge l'uomo ad indagare per conoscere e dominare la natura, si hanno le prime notizie di esplorazioni grazie a Coppo, Agricola e Leonardo da Vinci. Notizie inerenti la fauna ipogea sono però pressoché inesistenti.

Una citazione è dovuta al letterato vicentino Gian Giorgio Trissino che nel 1550 segnala nella grotta dei Covoli di Costozza la presenza di pipistrelli e di "gambarelli simili a li gambarelli picciolini che si vendono in Venetia". Questi crostacei saranno descritti da Schellemborg nel 1925 e denominati *Niphargus stygius costozzae*, stigobi di un genere oggi comune e spesso reperibile in acque sotterranee.



"Drago svizzero bipede e alato". Athanasius Kircher in "Mundi subterranei", Amsterdam, 1678.



L'anfibio caudato *Proteus anguinus*.

minerà *Proteus anguinus*, crede di aver trovato uno stadio giovanile dei draghi della tradizione popolare.

Nel 1799 il barone Alexander Von Humbolt visita la "Cueva del Guacharo" nel Venezuela e descrive un singolare uccello già noto agli indigeni. Denomina l'animale *Steatornis caripensis*. Questo uccello, che si nutre di vegetali, si reca in grotta per allevare i piccoli penetrando all'interno della grotta per centinaia di metri. Il Guacharo ha una apertura alare di un metro e dieci.

Queste scoperte, riguardanti animali di grandi dimensioni, furono considerate semplici curiosità e si continuava a considerare le grotte prive di fauna degna di interesse.

La nascita della biospeleologia viene fatta risalire al 1831, anno in cui l'entomologo austriaco conte Franz von Hohenwart cattura nelle grotte di Postumia il coleottero colevide *Leptodirus hohenwarti*, così denominato in seguito da Schmidt (1832). Da questo momento in poi si moltiplicano le ricerche e si comprende che gli animali cavernicoli sono di piccola taglia. Il numero dei reperti sale rapidamente.

Nel 1842 De Kay descrive l'*Amblyopsis spelaea*, pesce cieco del Kentucky e dell'Indiana e pochi anni dopo vengono scoperti altri pesci cavernicoli a Cuba.

La prima pubblicazione di argomento biospeleologico è dovuta allo zoologo danese J.C. Schiödte che visita le grotte della Carnia.

Sul finire del secolo molti autori descrivono nuove specie cavernicole, ma tra questi non ne mancano di superficiali e disonesti che inventano animali inesistenti e creano confusione nella nuova scienza.

Nel 1907 col saggio "Essai sur les problèmes biospeleologiques" il rumeno Emil Racovitza che lavora in Francia, attribuisce dignità di disciplina autonoma a quella che Armand Viré aveva battezzato tre anni prima "Biospéléologie" e ne fissa le basi con rigore scientifico.

Racovitza, per eufonia, trasforma "biospéléologie" in "biospéologie". Nasce la rivista "Biospeologica" che si varrà dei contributi importanti di Louis Fage e René Jeannel.

Riprendendo una classificazione tentata anni prima da Schiner, Racovitza pone le basi dell'ecologia sotterranea con una validità che viene ancora oggi riconosciuta. Su Racovitza e altri ha esercitato grande influenza l'attività del grande esploratore francese Edouard Martel che compì 26 spedizioni in 20 nazioni diverse tra il 1888 e il 1914. Grande divulgatore delle proprie imprese, Martel ha incrementato in maniera determinante la cono-

Ma come spesso accade sono i cinesi a vantare le prime scoperte, così si è trovata una citazione di Xie Yi-Jing del 1541 in cui si parla della Alu Cave e di pesci ialini (*Sinocyclocheilus hyalinus*) che a volte ne escono quando l'acqua è alta.

Diversi autori del XVII e XVIII secolo cominciano a descrivere le grotte e ad occuparsi della loro origine formulando teorie non meno fantasiose di quelle che volevano ancora i draghi come abitatori del regno sotterraneo. Quando il barone Johann Valvasor nel 1689 rinviene in una risorgente delle grotte di Postumia quello che Laurenti descriverà ottanta anni dopo e deno-



Il coleottero colevide *Leptodirus hohenwarti*. (foto V. Sbordoni)

scenza del mondo sotterraneo e da molti viene considerato il fondatore della speleologia.

Dalle semplici raccolte si passa presto a studi più complessi e si stendono monografie su particolari gruppi di animali.

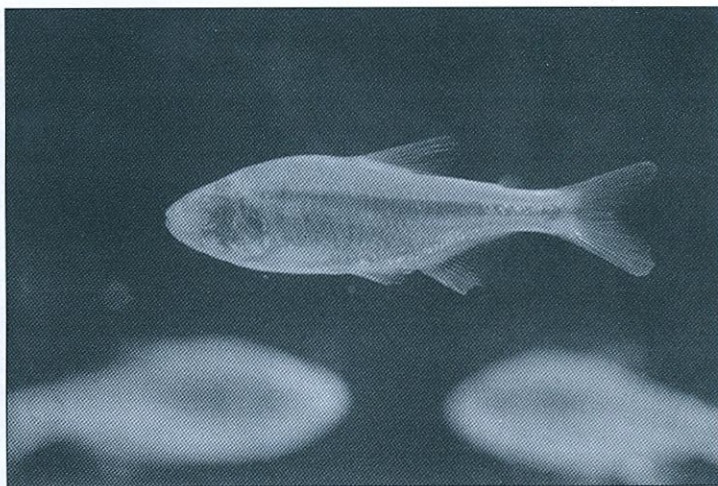
La relativa semplicità della biocenosi cavernicola, la ristretta localizzazione geografica dell'ecosistema, le ridotte possibilità di diffusione degli animali troglobi e la peculiarità dei parametri ambientali ipogei hanno fatto fiorire importanti studi ecologici, paleogeografici e filogenetici. Notevoli i lavori di tipo paleogeografico di Jeannel riassunti in "Les fossiles vivants des cavernes" del 1943. A questo studioso è dovuta la constatazione che la maggioranza degli organismi troglobi si trovano solo nelle grotte dell'Europa mediterranea e degli Stati Uniti orientali, avendo come confine settentrionale la linea di massima estensione dei ghiacciai del Quaternario. Per meglio osservare gli animali cavernicoli negli anni '20 fu realizzato a Postojna (allora Pustumia, italiana) uno dei primi e più importanti laboratori sotterranei di biospeleologia, attivo sino alla 2^a guerra mondiale.

Grande impulso alle ricerche è stato dato dalla realizzazione del laboratorio sotterraneo di Moulis, sui Pirenei, nella regione dell'Ariege. Il laboratorio è stato fondato nel 1948 da Albert Vandel, autore nel 1964 di "Biospéologie. La biologie des animaux cavernicoles", un testo base della ricerca biospeleologica. Grazie al laboratorio sotterraneo di Moulis, si è conosciuto qualcosa sulla fisiologia degli animali cavernicoli, come ad esempio una minore intensità respiratoria di questi rispetto alle specie epigee affini, con una riduzione del metabolismo cui possono essere ricondotte altre caratteristiche fisiologiche degli animali cavernicoli come la maggiore longevità, la maggiore durata dello sviluppo larvale e altro ancora. Nel contempo viene anche scoperta la tendenza a specializzarsi in forme che depongono un solo grande uovo.

Per quanto riguarda la biospeleologia in Italia vanno ricordati i lavori pionieristici di Ruffo sulla fauna cavernicola del veronese datati 1938 e, dopo una pausa dovuta alla seconda guerra mondiale, i lavori di Patrizi e Cerruti sulla fauna cavernicola del Lazio e delle regioni limitrofe (1950) e sulla fauna del Lazio e della Sardegna (1953). Conci pubblica nel 1951 lavori sulla fauna cavernicola della Venezia Tridentina e ancora Ruffo nel 1955 fa il punto sulla fauna cavernicola della Puglia. Nello stesso anno Franciscolo pubblica lavori sulla fauna cavernicola del savonese.

Con la storia ci fermiamo qui, per non entrare nella cronaca delle ricerche tuttora in corso, con i biospeleologi di oggi intenti ad allargare di anno in anno le conoscenze sulla vita nelle grotte.

Intanto, mentre molti settori della biospeleologia si specializzano avvalendosi di tecniche sempre più sofisticate, nuove specie vengono continuamente scoperte anche in grotte già tante volte ispezionate e la possibilità di legare il proprio nome alla descrizione del prodotto finale di una linea evolutiva, espressione di un irripetibile corredo genetico maturato in miliardi di anni di storia biologica, conserva intatto il suo fascino.



Il pesce cieco Astyanax mexicanus. (foto V. Sbordoni)

14. GLOSSARIO

Anoftalmia	Assenza di occhi tipica di animali troglobi.
Autotrofo	Organismo capace di elaborare i composti organici necessari alla sua vita partendo da semplici composti minerali. L'energia necessaria viene tratta dalla luce attraverso il processo della fotosintesi clorofilliana o dalla ossidazione di composti minerali.
Biogeografia	Studio della distribuzione degli esseri viventi nel tempo e nello spazio e dei fattori che la determinano.
Carsismo	Complesso delle azioni che le acque meteoriche esercitano su rocce idrosolubili, più diffusamente calcaree e in certe aree gessose.
Criofilo	Organismo adattato a vivere a basse temperature.
Depigmentazione	Perdita del pigmento tipica di animali troglobi.
Ecolocazione	Modalità di visione e orientamento tramite emissione di onde acustiche e successiva ricezione attraverso le orecchie.
Edafico	Relativo al complesso di elementi animali e vegetali che vivono nel terreno.
Endemismo	Presenza di razze, specie, generi, famiglie etc. solo in una determinata area circoscritta.
Eterotrofo	Organismo che dipende per il proprio fabbisogno energetico da sostanze organiche preformate.
Filogenesi	Storia del processo evolutivo di una specie e di un gruppo sistematico.
Guanobio	Organismo che si nutre degli escrementi dei pipistrelli.
Igrofilo	Organismo adattato a vivere in ambienti con un alto tasso di umidità relativa.
Microftalmia	Riduzione degli occhi tipica di animali adattati a vivere nell'ambiente di grotta.
Nictemerale	Relativo al ritmo col quale si succedono il giorno e la notte.
Paleogeografia	Studio dell'assetto geografico della Terra nelle ere geologiche passate.
Relitta	Specie che è sopravvissuta in una area limitata.
Saprobio	Organismo che si nutre di animali morti e di sostanza organica in decomposizione.
Speleogenesi	Insieme dei fenomeni che presiedono alla nascita e alla formazione di una grotta.
Speleopoesi	Insieme dei fenomeni, sia di concrezionamento che di deposito, che causano il riempimento di una grotta.
Stigobio	Animale adattato alla vita in acque sotterranee e non più capace di vivere in acque di superficie.
Stigofilo	Animale che presenta parziali adattamenti alla vita in acque sotterranee e che in determinati momenti del suo ciclo vitale o in particolari condizioni climatiche può raggiungere le acque di superficie.
Stigosseno	Animale estraneo all'ambiente delle acque sotterranee nelle quali viene a trovarsi accidentalmente o a causa di situazioni climatiche particolari.
Trofico	Relativo alla nutrizione.
Troglobio	Animale adattato alla vita in grotta e non più in grado di vivere in altri ambienti.
Troglofilo	Animale che presenta parziali adattamenti alla vita in grotta e che in determinati momenti del suo ciclo vitale o in particolari condizioni climatiche può uscire all'aperto.
Troglosseno	Animale estraneo all'ambiente della grotta in cui viene a trovarsi accidentalmente o a causa di situazioni climatiche molto particolari.
Vitello	Insieme delle sostanze di riserva contenute nell'uovo.

15. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

AAVV, 1978, *Biogeografia delle caverne italiane*, Lavori della Società Italiana di Biogeografia, Valbonesi, Forlì, 910 pp.

BANI M., 1984, *La Grotta dei 5 Laghi: biospeleologia*, Bramante, Urbana.

BOLOGNA M.A., VIGNA TAGLIANTI A., 1985, *Fauna cavernicola delle Alpi Liguri*, in *Annali del Museo Civico di Storia Naturale "Giacomo Doria"*, Genova, 84bis, pp. 1-389.

FORESTIERO S., SBORDONI V., 1978, *Biospeleologia*, Manuale di speleologia, Società Speleologica Italiana, Longanesi, Milano, pp. 219-253.

LATELLA L., SBORDONI V., (in stampa), *Gli animali sotterranei*, in Argano R., Minelli A., Ruffo S., *La fauna*, Touring Club Italiano e Ministero dell'Ambiente.

LATELLA L., STOCH F., LAPINI L., 2001, *Biospeleologia*, in Stoch. F. ed., *Grotte e fenomeno carsico*, Quaderni Habitat, Ministero dell'Ambiente e Museo Friulano di Storia Naturale, pp. 53-129.

CAODURO G., OSELLA G., RUFFO S., 1994, *La fauna cavernicola della regione veronese*, in *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, n. 11.

CASALE A., SBORDONI V., 1983, *La vita nelle grotte*, diapositive didattiche a cura della SSI Commissione Scuole e CAI Commissione Centrale per la Speleologia.

COBOLLI-SBORDONI M., PAOLETTI M., SBORDONI V., VIGNA TAGLIANTI A., 1994, *Italie*, in Juberthie C. & Decu V. (eds.), *Encyclopaedia biospeologica*, I, Société de Biospéologie, Moulis-Bucarest, pp. 737-751.

RIVALTA G., 1985, *Introduzione alla biospeleologia*, Comune di Ferrara, Civico Museo di Storia Naturale.



Athanasius Kirker, sec. XVII - Viandante incontra in una grotta austriaca un drago bipede alato. Lo studio della vita nelle grotte, la biospeleologia, è molto recente. Solo nel XIX secolo si è capito che le grotte non ospitavano mostruosi draghi e altre forze del male, ma piccoli e innocui animali adattati al particolare ambiente.



È ormai passato più di un quarto di secolo da quando, con il Manuale di Speleologia, edito dalla Longanesi, la speleologia italiana tentò di darsi un testo di riferimento complessivo sulla speleologia, intesa nei suoi vari aspetti di “discorso sul mondo sotterraneo”. Da allora le numerose scuole di speleologia in Italia hanno avvicinato al mondo delle grotte molte decine di migliaia di persone ma, stranamente, senza riprendere il progetto di dare un ausilio didattico completo a chi realizzava e seguiva i corsi.

In passato la Società Speleologica Italiana ha provveduto a coprire il settore più critico, quello delle tecniche di progressione sicura in grotta, con una serie di testi ma gran parte degli altri argomenti rimanevano totalmente scoperti. Un paio d'anni fa il Direttivo ha deciso di rimettere mano al progetto, articolandolo in una serie completa di Quaderni Didattici. Lo scopo, naturalmente, era quello di fornire manualistica ai corsi tenuti dalla Commissione Nazionale Scuole di Speleologia della SSI, ma strada facendo ci siamo accorti che, più ambiziosamente, potevamo cercare di dare un'informazione dettagliata sul mondo delle grotte anche ad un pubblico ben più vasto, trattandone tutti gli aspetti: Geomorfologia e Speleogenesi, Rilievo, Speleologia in Cavità Artificiali, Impatto dell'Uomo sull'Ambiente, Tecniche di Base, Storia della Speleologia, Geologia per Speleologi, Clima, Reazioni a Emergenze, Primo Soccorso, Idrogeologia Carsica, Immagini, Documentazione, Organizzazione della Speleologia, Grandi Grotte del Mondo, Vita nelle Grotte, Depositi chimici, Riempimenti e altri in progetto. Siamo sicuri che questa iniziativa sarà un passo importantissimo per una migliore conoscenza del mondo sotterraneo.



Proteus anguinus, da "Proteus - the mysterious ruler of Karst darkness", Vitrum Ltd., Ljubljana, 1993