ECOSPELEOLOGIA

Introduzione

Questa dispensa ha lo scopo di avvicinare il lettore ad un approccio con una branca della speleologia che studia le caratteristiche degli animali che abitano le grotte (visitatori casuali o residenti) chiamata BIOSPELEOLOGIA. In particolare questi appunti sono rivolti agli speleologi interessati agli aspetti biologici di una scienza considerata spesso solo di matrice geologica. Il lavoro è stato suddiviso in tre parti principali:

- la prima esamina gli sviluppi storici della “speleologia biologica” ed il modo in cui vengono condotte le ricerche;
- la seconda considera tutti i fattori che influiscono sulla vita e sullo sviluppo degli organismi che si trovano nelle grotte e soprattutto le relazioni inter ed intraspecifiche fra le varie specie di animali. Inoltre si cerca di stilare una classificazione delle grotte in base alle risorse trofiche;
- la terza ed ultima parte si discosta un poco dalla trattazione più “scientifica” esposta fino a quel momento: si tratta di un’analisi delle principali normative del diritto italiano che prevedono la protezione e la salvaguardia dell’ambiente ipogeo.

Ecco il motivo del titolo ECOSPELEOLOGIA: esso riassume tutti i punti di vista sotto i quali è possibile condurre un’analisi accurata e soprattutto multidisciplinare.

Storia e sviluppi della biospeleologia

L’esistenza di forme di vita nelle grotte fu alternativamente accettata e negata più volte nel corso della storia dell’Uomo. Tuttavia l’uomo del passato non amò particolarmente, a dar retta a miti e leggende, avventurarsi nel regno delle tenebre. Nella Grecia antica si riteneva che nelle grotte si aprissero le porte del mondo degli Inferi, descrittoci con immagini angosciose, che in esse dimorassero esseri immortali o che esse ospitassero sepolture di eroi.

La fantasia popolare ha così generato una quantità incredibilmente varia e vasta di fosche storie sulle grotte e i loro abitanti.

Queste leggende, nella maggior parte dei casi sinistre, e l’aspetto ostile delle caverne fecero credere per lungo tempo ai naturalisti che l’ambiente cavernicolo fosse privo di organismi.

Le osservazioni e i primi studi sui cavernicoli andavano ad arricchire il patrimonio conoscitivo di discipline istituzionalizzate come la zoologia.

È soltanto con l’inizio del nostro secolo che si può parlare della *biospeleologia* in termini di campo di ricerca autonomo, con problematica e metodologia sue proprie.

Con l'intento primario di rivelare affinità e divergenze tra organismi spelèi appartenenti allo stesso gruppo nacquero le prime elaborate monografie sistematiche sui cavernicoli più ricercati, particolarmente Coleotteri, Ortotteri, Dipluri, alcuni Ragni, Isopodi. E così, non a caso possiamo oggi considerare questi gruppi tra i meglio studiati dal punto di vista tassonomico e biogeografico.

Un considerevole impulso alle ricerche è stato dato dalla creazione di laboratori sotterranei che hanno permesso la realizzazione di allevamenti di numerosi organismi cavernicoli in condizioni del tutto naturali e l'impianto stabile di sofisticate apparecchiature di rilevamento meteorologico. Oltre che nei laboratori sotterranei la ricerca biospeleologica viene realizzata sempre più spesso nelle università o in appositi istituti di ricerca.

Ecologia delle grotte

Un problema fondamentale della ricerca ecologica è isolare e misurare, con la maggiore precisione possibile, le variabili che descrivono sia lo stato di un dato ambiente, e secondariamente stabilire quale sia la modalità di azione sulla comunità biotica. Un successivo obiettivo è la conoscenza della entità della variazione di certi attributi delle popolazioni naturali (per esempio della loro struttura demografica, oppure della distribuzione spaziale degli individui) in funzione dei fattori ambientali in toto.

Ora, la necessità di condurre ricerche orientate in questo senso si scontra ineluttabilmente con l'ostacolo, assai notevole, rappresentato dall'enorme complessità degli organismi naturali. Perciò un ecosistema i cui componenti contraessero le relazioni più semplici possibili, in grado di favorirne la descrizione e la misurazione, desterebbe l'immediato interesse degli ecologi.

I caratteri che configurano l'ecosistema cavernicolo sono ben delineati: totale assenza (o azione ridotta) di taluni fattori dell'habitat; loro costanza temporale; semplicità nella composizione del popolamento animale; conseguente semplificazione dei rapporti sinecologici (per esempio a livello delle catene alimentari); elevato grado d'isolamento rispetto agli ecosistemi contigui. Per questi e altri motivi che emergeranno in seguito, l'ecosistema cavernicolo offre opportunità di ricerca uniche a diverse categorie di biologi.

L'habitat cavernicolo: estensione e rapporti con gli altri habitat ipogei

Con l'aggettivo *ipogeo* si suole indicare l'ambiente sotterraneo, habitat degli organismi viventi sotto la superficie del suolo. Ad esso si oppone l'ambiente *epigeo*, habitat degli organismi viventi sopra la superficie del suolo.

Non solo è difficile stabilire una netta separazione tra un corso d'acqua sotterraneo e la falda freatica, ma anche la separazione attuata, a scopo ecologico, tra substrato solido e liquido può essere arbitraria.

Nelle grotte, e a certi livelli nel suolo, la tensione di vapor d'acqua è prossima alla saturazione: di conseguenza forme acquatiche possono soggiornare a lungo fuori dall'acqua e forme terrestri possono sopportare anche prolungate immersioni.

Tenendo conto di questa necessaria premessa possiamo suddividere il dominio ipogeo nel modo seguente:

- *ambiente cavernicolo*; costituito dalle cavità naturali accessibili all'uomo;

- *ambiente delle fessure o freatico terrestre*; costituito dalle fessure calcaree dove l'uomo non può penetrare, è in diretta comunicazione con quello cavernicolo ed è certamente molto più esteso di quest'ultimo;
- *ambiente endogeo*; costituito dalla porzione di suolo compresa tra il limite inferiore del detrito vegetale e il limite inferiore delle radici della vegetazione arborea;
- *ambiente delle microcaverne*; con questo termine si sogliono indicare i nidi e le tane sotterranee dei vertebrati; in esso non vivono soltanto i costruttori dei nidi, ma anche un nutrito stuolo di animali a essi in vario modo vincolati;
- *ambiente dei formicai e dei termitai*; anche in questo caso troviamo una grande varietà di organismi che coabitano con formiche e termiti, contraendo con esse rapporti del tipo più vario: dal parassitismo alla simbiosi;
- *ambiente interstiziale*; è quell'ambiente acquatico sotterraneo che si realizza negli interstizi del sottosuolo delle coste marine sabbiose, delle rive dei fiumi e dei laghi e, con caratteri peculiari, nelle falde freatiche;
- *ambiente delle cavità artificiali*; miniere, catacombe, sotterranei, condotte d'acqua ecc. sono frequentemente abitate da una ricca fauna e mostrano un popolamento del mondo sotterraneo che va attuandosi sotto i nostri occhi.

Una sostanziale differenza fra questi ambienti riguarda soprattutto la disponibilità di spazio vitale, minima negli ambienti interstiziali ed endogeo, massima in quello cavernicolo. È in concomitanza con questo fattore che si riscontrano, con maggiore evidenza, differenze di adattamento morfologico (forma, dimensioni, sviluppo di arti e appendici) tra organismi endogei e cavernicoli. Altre caratteristiche (assenza di luce, stabilità termica, percentuale elevata di umidità relativa) giocano un ruolo analogo in tutto il dominio sotterraneo e, non essendo peculiari di uno solo degli altri ambienti, si osserva che molti adattamenti fisiologici sono comuni alla maggioranza degli animali sotterranei.

L'ambiente cavernicolo è collegato più o meno direttamente con tutto il dominio ipogeo. Questo collegamento può essere esteso, in particolari situazioni o in particolari momenti, anche al dominio epigeo e particolarmente agli ambienti muscicolo, umicolo e lapidicolo. Le piogge, in particolare, esercitando una considerevole azione di collegamento idrico tra i sistemi epigei e ipogei, o determinando una maggiore uniformità igrometrica, favoriscono questi contatti.

I fattori dell'ambiente cavernicolo

L'attuale popolamento delle caverne dipende da diversi fattori riassumibili in due grandi categorie: quella dei fattori puramente storici e biogeografici e quella dei fattori ecologici. In questa categoria vengono tradizionalmente riuniti i determinanti fisici che condizionano l'esistenza degli organismi (*fattori abiotici*) e le complesse interrelazioni che regolano l'equilibrio delle comunità (*fattori biotici*).

Fattori abiotici

Luce

La presenza della luce nel mondo sotterraneo è un fatto del tutto eccezionale, legato ai rarissimi fenomeni di bioluminescenza che alcuni organismi cavernicoli presentano. È evidente che tali fenomeni devono essere interpretati come insoliti e che nell'ambiente cavernicolo, *sensu lato*, è invece di regola la più assoluta oscurità.

Le conseguenze di questa condizione sono assai vistose. Innanzitutto la produzione primaria, assicurata in superficie dalle piante verdi, è completamente assente (fatta eccezione per un'esigua quantità legata all'azione batterica). L'ecosistema ipogeo è troficamente dipendente dagli ecosistemi di superficie. L'assenza delle piante verdi determina inoltre l'assenza di forme strettamente fitofaghe.

Ulteriori conseguenze si ripercuotono sulla fisiologia degli organismi cavernicoli. Essi, oltre che procurarsi altrove quelle sostanze energetiche, vitamine e fattori di accrescimento, di norma prodotte dalle piante, presentano notevoli modifiche adattative del metabolismo. Nei vertebrati di grotta si assiste per esempio a un comportamento dell'intero sistema endocrino che differisce notevolmente da quello delle specie affini epigee.

Molti esperimenti sono stati compiuti per accertare gli effetti che la luce provoca sui cavernicoli: si è visto che per molti di essi sortisce un effetto letale (le Planarie troglobie si disgregano completamente).

Temperatura

Le misure di temperatura effettuabili sono quelle relative all'aria, all'acqua e alla roccia. Di norma la temperatura di una cavità sotterranea corrisponde alla media annua della temperatura esterna e dipende perciò dalla latitudine e dall'altitudine. Oltre che da questi due fattori esterni, la temperatura dipende dalla forma e dalla profondità della grotta. In particolare le grotte ascendenti sono generalmente più calde di quelle discendenti. Nelle grotte profonde raramente si osserva un aumento regolare del grado geotermico con la profondità; questo è probabilmente da correlare alla intensa fessurazione della roccia calcarea che consente l'apporto di acqua e aria esterna. L'escursione termica annua è di solito compresa entro limiti piuttosto vicini tra loro, tanto che la temperatura delle grotte, almeno nella zona profonda, è generalmente ritenuta costante. Fanno però eccezione le grotte con più aperture, percorse da correnti d'aria; in tal caso le variazioni termiche stagionali influenzano sensibilmente l'atmosfera interna.

La constatazione che la maggioranza delle grotte è caratterizzata da una notevole stabilità termica ha fatto nascere e diffondere la opinione che la stenotermia fosse una prerogativa essenziale dei cavernicoli. In realtà gli allevamenti sperimentali hanno dimostrato che i cavernicoli non sono stenotermi obbligati. Per esempio l'optimum termico per il *Niphargus virei*, crostaceo proprio dei corsi d'acqua sotterranei, è compreso tra 4-6 e 16-18 °C, con limiti letali rispettivamente di -0.5 e di +24.5 °C. Vi sono alcuni cavernicoli che vivono normalmente a temperature limite, ma non sempre essi devono considerarsi stenotermi.

Dalle esperienze di questi ultimi anni appare con sufficiente chiarezza come in realtà molte delle forme cavernicole possano vivere entro limiti abbastanza ampi di temperatura. Queste osservazioni ridimensionano il ruolo di agente determinante il popolamento delle caverne, attribuito in passato al fattore termico.

Umidità relativa

Lo stato igrometrico dell'aria è uno dei fattori più caratteristici dell'ambiente ipogeo; alla sua stabilità è particolarmente legata la esistenza degli organismi troglobi. L'atmosfera delle grotte carsiche è generalmente satura di vapori d'acqua e il grado di U_r (umidità relativa) è compreso nella maggioranza dei casi tra 95 e 100 %. Gli organismi troglobi terrestri vivono normalmente in condizioni di saturazione e sono così stenoigri che possono soccombere per piccole variazioni del grado di U_r .

Le grotte secche sono in genere disabitate dai cavernicoli. È stato a più riprese constatato che la speleofauna specializzata occupa nell'ambito di una cavità soltanto i

siti che possono garantire umidità elevata. Di norma nei paesi temperati il grado igrometrico dell'atmosfera delle grotte differisce molto da quello dell'aria all'esterno. Tale differenza si attenua nelle regioni equatoriali dove anche l'atmosfera esterna è caratterizzata da elevata percentuale di umidità. Ne deriva una maggiore possibilità di contatto e conseguentemente una minore diversificazione tra fauna cavernicola e fauna epigea. Questa condizione spiega in parte l'assenza di troglobi terrestri nelle regioni equatoriali.

Insieme all'umidità relativa va considerato come fattore limitante il tasso di evaporazione. La sua azione produce effetti analoghi a quelli dell'umidità. Generalmente le parti profonde delle grotte presentano un tasso eccezionalmente basso di evaporazione. È in prossimità degli ingressi che si verificano le massime variazioni, soprattutto stagionali. È ben noto che le grotte “respirano” esalando l'aria-ambiente durante l'estate e inalando aria più fredda e più secca durante l'inverno.

Aria: composizione chimica e stato di agitazione

La composizione chimica dell'aria di una caverna è nella maggioranza dei casi la stessa dell'esterno, dato il rinnovamento continuo cui è sottoposta. Fanno eccezione le zone terminali, le appendici cieche, i cunicoli o il fondo dei pozzi ove può verificarsi un accumulo della CO₂ liberata durante il normale processo di precipitazione del CaCO₃ e che difficilmente può essere sostituita dalla normale miscela di aria. Il tasso di CO₂ può superare il 10% e può essere avvertito dallo speleologo (spegnimento delle lampade a carburo, segni di malessere). I cavernicoli possono sopportare tensioni di CO₂ relativamente elevate.

L'agitazione dell'aria, che spesso si verifica in grotte con più aperture, sembra agisca sfavorevolmente sui cavernicoli. È stato frequentemente constatato come i corridoi e i rami principali delle cavità con attiva ventilazione siano quasi sempre azoici, mentre risultano popolati recessi isolati, salette laterali o anche ambienti vasti ma non ventilati.

L'habitat acquatico delle grotte

L'acqua è presente nelle grotte sia come acqua corrente (ruscelli, torrenti, fiumi), sia come acqua ferma (pozze, laghi), sia sotto forma di stillicidio. Essa, oltre a consentire la presenza degli organismi acquatici, esercita un'influenza talvolta assai notevole sulle forme terragnole. Infatti molti troglobi terragnoli di norma legati ad atmosfera satura di umidità, possono sopravvivere per lunghi periodi nel mezzo liquido. L'assenza di soluzione di continuità tra mezzo aereo e mezzo acquoso, in certe condizioni, permette analogamente che anche troglobi di norma acquatici possano permanere per molto tempo fuori dall'acqua. Tale comportamento è particolarmente spiccato in alcune specie del genere *Niphargus*, ma è stato osservato anche in altri Crostacei sia Isopodi, sia Copepodi.

La maggior parte degli organismi acquatici delle grotte è reofoba, è cioè adattata alle acque ferme.

Le acque di grotta sono moderatamente ossigenate: meno di quelle dei torrenti epigei, ma più di quelle marine, degli stagni e delle pozze di superficie. Inoltre esse sono generalmente acque dure, per la forte concentrazione di carbonato di calcio. La misura del pH può indicare il contenuto in calcio delle acque stesse; di solito le acque sotterranee sono debolmente alcaline con un pH uguale o leggermente superiore a 7.

Il tasso di salinità è quasi sempre basso. Ciononostante, in condizioni sperimentali molti troglobi acquatici possono sopravvivere senza danno in acque salmastre o leggermente salate.

Il periodico inondamento, caratterizzante le cavità con cospicuo regime idrico, ha grande importanza nell'ecologia delle grotte. Piccole variazioni termiche, del pH, della

quantità di ossigeno sciolto nell'acqua, generalmente si accompagnano alle inondazioni periodiche.

Fattori litologici e natura del substrato

La natura geologica del terreno in cui si apre una data grotta influisce considerevolmente sul popolamento ipogeo. Soltanto le grotte situate in terreno calcareo sono abitate da una fauna troglobia. Questo è da correlare con la intensa fessurazione del calcare: le fessure del suolo carsico costituiscono infatti la porzione abitabile di gran lunga più estesa del dominio ipogeo. Per tale motivo una vasta caverna in un massiccio dolomitico compatto può facilmente risultare azoica o assai povera di cavernicoli, mentre è possibile rinvenire una fauna troglobia anche in cavità artificiali (miniere, sotterranei) purché scavate in terreni calcarei. Indirettamente, il tipo di calcare può influire sulle condizioni di esistenza. Certi calcari molto friabili si prestano poco alla formazione di stalattiti; altri grazie alla produzione di colate stalagmitiche compatte, concrezioni arborescenti, concrezioni colloidali (“montmilch”) possono costituire altrettanti habitat diversi per i troglobi. Oltre alle concrezioni, il riempimento inorganico delle grotte comprende altri depositi autogeni di natura chimica (fanghi bianchi derivanti dall'alterazione del calcare, terre più o meno argillose) e di natura fisica (detriti clastici). A questi vanno aggiunti i depositi alloigeni dovuti al vento, al trasporto idrico (ciottolame dei terreni sotterranei, sabbie e limi provenienti dal disfacimento di arenarie, fanghi rossi di dilavamento esterno) e al trasporto da parte dell'uomo. La presenza dei depositi può limitare la presenza di quelle forme edafiche condizionate da fattori come la granulometria, la porosità, il potere di imbibizione del suolo. Di frequente, infatti, i diversi stadi embrionali, larvali e adulti di alcuni organismi presentano esigenze diverse a riguardo di questi fattori.

Fattori biotici

Risorse trofiche

Una delle caratteristiche più salienti delle grotte sta nell'assoluta mancanza di piante verdi. La comunità cavernicola è così privata della quota di produzione minima più importante di cui invece dispongono gli organismi epigei. Alcune ricerche in zone tropicali hanno messo in luce come le condizioni trofiche siano estremamente diverse da grotta a grotta, e come la stabilità delle risorse trofiche, accanto alla loro quantità, giochi un ruolo di primo piano non solo nella distribuzione dei cavernicoli, ma anche nella loro evoluzione. Da un punto di vista qualitativo il fattore alimentare svolge un ruolo selettivo determinante. La completa assenza di rappresentanti cavernicoli in interi gruppi zoologici può essere dovuta a particolari esigenze alimentari. Mentre gli individui epigei si nutrono prevalentemente di foglie morte, gli individui cavernicoli sono caratterizzati da una dieta assai varia, costituita tra l'altro da resti di Artropodi e persino da farfalle vive.

Le risorse alimentari a disposizione del popolamento cavernicolo hanno una doppia origine: esogena ed endogena, a seconda che provengano dall'esterno (costituenti la parte più cospicua) o che siano proprie della caverna. Risorse trofiche di natura esogena sono quelle dovute a trasporto anemocoro, idrocoro, biocoro e quelle che precipitano per gravità nei pozzi e nelle voragini. Le prime di assai modesta entità sono costituite prevalentemente da batteri, spore fungine, pollini che possono penetrare all'interno delle cavità per alcune decine di metri. Le sostanze trasportate dalle acque sono le più varie e possono invece raggiungere quantitativi non trascurabili di materia organica, la cui concentrazione dipende direttamente sia dalla disponibilità di humus in superficie, sia

dalla piovosità. I corsi d'acqua di origine esterna trasportano nelle caverne anche plancton che può sopravvivere a lungo e, in taluni casi, riprodursi.

Più cospicuo è l'apporto di detriti vegetali grossolani (rami, ammassi di foglie morte), tutti materiali che vengono ampiamente utilizzati a scopo alimentare da organismi acquatici e terrestri. Della stessa natura sono i materiali organici che precipitano all'interno dei pozzi; a essi si aggiungono anche cadaveri e numerosi troglossenì vivi che costituiscono una cospicua risorsa alimentare per i predatori cavernicoli.

La microflora batterica

La presenza di batteri sia autotrofi che eterotrofi in notevole quantità caratterizza in pratica tutti i tipi di grotta, sia quelle molto ricche di fauna che quelle quasi azoiche. Questi organismi si rinvencono nelle acque, nel suolo e, seppure in minima quantità, nella stessa aria. Indubbiamente è nel suolo che si ha la massima densità della flora batterica; in esso batteri eterotrofi aerobi (*Azotobacter*) e anaerobi (*Clostridium*) fissano l'azoto atmosferico formando sostanze organiche. Altri tipi di batteri ricavano N₂ dalle sostanze in decomposizione. Il ciclo del carbonio si compie con l'intervento di batteri autotrofi (nitrificanti, tio e ferrobatteri) che fissano CO₂.

I batteri autotrofi compensano qualitativamente nell'ecosistema cavernicolo l'assenza delle piante verdi, sintetizzando una certa quantità di sostanze organiche (vitamine, amminoacidi) indispensabili agli organismi superiori.

È stato più volte constatato che alcuni organismi cavernicoli possono nutrirsi e accrescersi, per un certo tempo a spese del limo e dell'argilla presenti nelle caverne. Ciò è possibile proprio grazie al contenuto di batteri e secondariamente di Protozoi e di piccoli Metazoi batteriofagi, utilizzabili come nutrimento. Inoltre le argille di grotta rivestono un particolare significato, per la presenza di oligoelementi e vitamine, nei fenomeni di crescita e di muta degli Artropodi cavernicoli, che compiono regolarmente in questo mezzo le proprie metamorfosi.

Il guano

La produzione di grandi quantità di guano è dovuta a quelle specie di Pipistrelli che colonizzano le grotte d'estate durante il periodo di attività, piuttosto che durante il letargo invernale.

Nelle grotte con grandi quantità di guano il problema trofico è praticamente risolto. Il guano infatti, con il suo elevato tenore di composti azotati, costituisce un nutrimento eccellente per molte specie di animali. In parallelo, la presenza di grandi popolazioni di Pipistrelli incrementa il numero di specie (e di individui) necrofaghe, che ne sfruttano i resti a scopo alimentare o che li parassitizzano (Acari, pulci).

Lo studio degli Ortotteri cavernicoli ha fatto luce sul problema della catena alimentare nelle grotte, pur non risolvendolo del tutto. Abbiamo visto come molte grotte "respirano", esalando aria in estate e inalandola d'inverno, e come a questi fenomeni si accompagnino variazioni cospicue del tasso di evaporazione: questi già costituiscono "segnali stagionali". In molte regioni per esempio, un'enorme quantità di zanzare si riversa nelle grotte per trascorrervi la diapausa invernale: anche questo può costituire un segnale.

Relazioni interspecifiche

Le relazioni interspecifiche controllano l'equilibrio della comunità cavernicola. Mentre all'esterno gli studi della dinamica di popolazione risultano notevolmente ostacolati dal grande numero di specie che partecipano al medesimo ecosistema, nell'ambiente cavernicolo indagini di questo tipo offrono interessanti opportunità data la

relativa semplicità della comunità. La predazione è la forma più diretta di relazione fra specie diverse. Se consideriamo il ciclo alimentare in una grotta, possiamo costruire una piramide alla cui base si trovano i Batteri autotrofi, capaci di realizzare sintesi organiche a partire da elementi minerali, e i Batteri eterotrofi che utilizzano sostanze organiche di origine esogena. Le sostanze organiche in decomposizione costituiscono il nutrimento dei saprofagi. Ad un livello superiore si colloca la microfauna costituita da Protisti, mangiatori di Batteri. Più in alto ancora avremo i limivori, come alcuni Oligocheti, Nematodi e Molluschi, i primi stadi del *Niphargus* e del Proteo. Alla sommità della piramide alimentare prenderanno posto i vari carnivori rappresentati, per esempio, dai Pesci nell'habitat acquatico e dai Coleotteri Trechini nell'habitat terrestre. Nelle grotte i rapporti di nutrizione sono complicati dalla tendenza alla polifagia, comune alla maggioranza delle forme troglobie, cosicché un saprofago può comportarsi all'occorrenza da predatore e viceversa.

Nelle grotte di estensione limitata, con risorse trofiche scarse, si manifesta con maggiore evidenza un'altra forma di relazione tra specie diverse, e cioè la competizione per la conquista dell'alimento. L'intensità della competizione interspecifica è infatti direttamente proporzionale all'affinità ecologica, ovvero alla sovrapposizione delle nicchie ecologiche dei competitori. Per questo motivo è piuttosto raro rinvenire in una medesima grotta specie appartenenti allo stesso genere o comunque molto affini tra loro. Quando questa circostanza si verifica è quasi sempre dovuta al fatto che nonostante l'affinità sistematica, le nicchie ecologiche delle specie sono sufficientemente distinte.

Quando due specie filogeneticamente affini si trovano nella medesima cavità, o più generalmente sono membri della stessa comunità biotica, il problema della competizione per le risorse trofiche viene risolto mediante l'adattamento a ruoli ecologici diversi. Questo adattamento risulta in genere in una diversificazione nella struttura, dimensione corporea, fisiologia animale e riproduttiva, richiesta ecologica, comportamento, ed è noto come "divergenza di caratteri".

Le comunità cavernicole

L'analisi finora compiuta dei fattori ecologici che condizionano l'ambiente cavernicolo ci ha permesso non soltanto di rilevare differenze tra grotte diverse, ma anche di mettere in luce una notevole variabilità delle condizioni di esistenza nell'ambiente di una medesima grotta. Grazie a questa diversità di condizioni è possibile identificare in ogni cavità un certo numero di biotopi caratteristici, ciascuno popolato da una propria associazione.

Abbiamo così "l'associazione parietale" che popola la zona penombra presso l'ingresso della grotta, dove ancora possono svilupparsi le piante verdi, soprattutto Felci e Muschi.

"L'associazione guanobia", per le notevoli qualità trofiche del guano su cui vive, è costituita spesso da un numero enorme di individui appartenenti a relativamente poche specie guanofaghe, nonché da vari predatori.

Classificazione trofica delle grotte

Alcuni ricercatori hanno proposto una classificazione delle grotte in base alle risorse trofiche di natura animale e in particolare il ruolo che svolgono nel determinare il carattere e soprattutto la stabilità trofica di una grotta; vengono così distinti i seguenti 5 tipi di grotte:

Grotte oligotrofiche

Sono quelle caratterizzate da scarsa disponibilità di risorse trofiche. La sostanza organica di natura vegetale o animale è estremamente ridotta sia sul suolo che nelle eventuali raccolte o corsi d'acqua e la sua distribuzione è irrilevante rispetto alla superficie della cavità. La fauna è molto rarefatta e costituita da una notevole frazione di specie troglobie. L'indice di diversità biotica è variabile ma può essere molto alto. La temperatura è generalmente bassa. Questa categoria di grotte è largamente diffusa nelle regioni temperate dove rappresenta il tipo più frequente.

Grotte eutrofiche

Sono caratterizzate dalla presenza nella zona afotica di cospicui depositi di sostanza organica di origine animale e in particolare da guano di Chiroteri, che ricopre una porzione significativa della superficie della cavità. Le grotte eutrofiche sono popolate durante tutto o parte dell'anno da grandi colonie di Chiroteri. Il numero delle specie animali presenti è variabile, ma può essere considerevole; tuttavia a parità di specie, l'indice di diversità biotica è più basso per il prevalere nella comunità di alcune specie dominanti.

Grotte distrofiche

Possiamo includere in questa categoria le grotte caratterizzate da cospicui accumuli di detrito vegetale e povere invece di guano o di altre risorse di natura animale. Le grotte distrofiche non sono molto frequenti e la loro fisionomia dipende in larga misura dalla morfologia, dalla presenza di corsi d'acqua soggetti a piene e dalle caratteristiche della vegetazione dell'ambiente circostante.

Grotte mesotrofiche

Costituiscono una categoria intermedia tra i tre tipi precedenti. Sono caratterizzate da un modesto apporto organico di natura animale, o vegetale, o di entrambi. Sono più frequenti nelle regioni tropicali.

Grotte pecilotrofiche

Questa categoria comprende quelle grotte di un certo sviluppo, in cui si distinguono un settore francamente eutrofico e un altro, più o meno nettamente separato topograficamente, con carattere spiccatamente oligotrofico. Il numero delle specie è generalmente molto alto; grotte di questo tipo sono relativamente frequenti nelle zone tropicali.

Conservazione degli ecosistemi cavernicoli

Come molti speleologi hanno sperimentato, i danni arrecati alle grotte sono ormai numerosi e gravi. La diseducazione civile del singolo, e talora dell'intera collettività, ha fatto di non poche grotte depositi di rifiuti, collettori naturali di scarichi cloacali e industriali, inquinandone il suolo e il bacino idrico interno sino al livello delle acque freatiche. Ciononostante, potrebbe ancora sembrare che la conservazione dell'ambiente spelèo non costituisca, rispetto ad altri ambienti, una questione né essenziale né urgente. Invece, la tutela dell'integrità ecologica del mondo sotterraneo deve essere considerata di grande rilievo per diversi motivi.

Il primo motivo è che, come abbiamo visto in precedenza, gran parte della fauna ipogea si è adattata a condizioni molto stabili di temperatura, di umidità e di pH. Qualunque perturbazione artificiale rischia così di distruggerla. Si fa riferimento, qui, all'inquinamento chimico delle acque sotterranee (da parte degli idrocarburi, i metalli pesanti, i fosfati), inquinamento che a volte viene denunciato dagli speleologi che percorrono i fiumi sotterranei. Ma alcuni speleologi dovrebbero cominciare a tener puliti i luoghi che frequentano. Le grandi spedizioni e i campi sotterranei sono spesso una notevole fonte d'inquinamento per delle zone che erano state, fino ad allora, protette dall'influsso esterno. Inquinamento organico (non gravissimo), ma anche inquinamento da carburo, i cui residui elevano il pH del suolo e sono ricchi di metalli pesanti. Il carburo esausto deve essere sistematicamente portato fuori dalle grotte.

Il secondo motivo è che le grotte danno l'opportunità, davvero unica, di conoscere e ammirare gli stupefacenti adattamenti attraverso cui la vita si è manifestata in condizioni ambientali tra le più limitanti. Secondariamente, una ragione dai risvolti immediatamente pratici, è correlata alla necessità dell'uomo d'oggi di risolvere i pressanti problemi che ne mettono in pericolo la sua stessa esistenza. La strategia per sopravvivere passa attraverso la comprensione degli intimi meccanismi che regolano il funzionamento degli ecosistemi in generale. È illusorio perciò credere che essi possano venire indagati con successo in situazioni ambientali più o meno compromesse. Attuare la protezione degli ecosistemi cavernicoli significa anche garantirsi la possibilità di studiare, in condizioni ideali, le comunità biotiche per conoscerne le leggi che dovranno guidare i nostri futuri interventi sulla natura.

Il patrimonio speleologico

Si riporta ora una breve trattazione sulla tutela del patrimonio speleologico da parte della legislazione italiana con particolare riferimento ad alcune leggi regionali in materia.

La tutela del patrimonio speleologico

Le cavità sotterranee, naturali ed artificiali, formano il cosiddetto patrimonio speleologico, risorsa ambientale in gran parte poco conosciuta o sovente sfuggita alla memoria storica. Nel sottosuolo si aprono grotte, cavità, pozzi, meandri, cunicoli, inghiottitoi attivi e paleoinghiottitoi, che racchiudono testimonianze della preistoria umana, o accolgono delicati habitat in cui vivono organismi vegetali (la cosiddetta flora abissale) ed animale (la cosiddetta fauna cavernicola); nel sottosuolo è anche racchiuso il patrimonio mineralogico, paleontologico e carsico.

Il patrimonio speleologico è tutelato dalla legislazione regionale per assicurare le condizioni ottimali per la ricerca scientifica, per valorizzare l'importanza naturalistica ed ambientale, per disciplinare l'attività delle ricerche speleologiche, anche dilettantistiche, che hanno un indubbio valore sociale, e per predisporre misure e mezzi per il soccorso speleologico a protezione della pubblica incolumità⁽¹⁾.

Si avverte comunque la mancanza di una legge quadro che definisca anche gli aspetti dominicali dei beni speleologici che sono ascrivibili al demanio pubblico in considerazione della loro destinazione ad usi di pubblico generale interesse.

⁽¹⁾ La tutela del patrimonio speleologico è perseguita da numerose regioni attente a salvaguardarne gli aspetti estetici, scientifici, sanitari, biologici, didattici, turistici, sportivi, culturali ed economici; la legislazione regionale è di estremo interesse: L. Umbria n. 2/77 e L. Umbria n. 22/80 che hanno disposto finanziamenti ed incentivi per lo sviluppo della speleologia; L. Emilia-Romagna n. 12/85 sul patrimonio speleologico.

I profili demaniali del sottosuolo non hanno formato oggetto di una disciplina specifica, né finora sono insorti conflitti tra Stato e regioni sugli aspetti dominicali del patrimonio.

Avendo riconosciuto al sottosuolo il valore di risorsa ambientale autonoma, si sono separati i profili dominicali del suolo il quale può essere privato o pubblico, da quelli relativi al sottosuolo da considerare come bene di pubblico generale interesse sottratto quindi alla disponibilità dei proprietari del soprassuolo e disciplinato dalle leggi speciali.

Attribuendo le grotte e gli ambienti carsici al patrimonio speleologico pubblico ⁽²⁾ l'uso di questi ambienti è sottratto alla libera disponibilità dei cittadini e sottoposto alla disciplina pubblica.

Le misure di tutela prevedono, accanto agli interventi per accrescere la conoscenza ed i modi di conservazione del patrimonio, anche limitazioni e divieti funzionali agli obiettivi positivi.

Il divieto di asportazione dalle cavità di concrezioni legate al fenomeno carsico contrasta la diffusa convinzione che questo patrimonio per eventuali finalità turistiche, industriali o terapeutiche attiene ai poteri di conformazione dell'iniziativa economica privata che trae fondamento dai principi costituzionali.

I limiti posti all'utilizzazione delle grotte sono operanti per tutti, ivi compresi coloro che abitualmente praticano la speleologia; per motivi di conservazione del patrimonio speleologico appare legittima la previsione di divieti o limitazioni per le realtà ipogee più sensibili.

Bibliografia

- COLLIGNON B. - Il manuale di speleologia - Zanichelli editore - Bologna 1992;
- LETTERA F. - Lo stato ambientale: il nuovo regime delle risorse ambientali - Giuffrè editore - Milano 1990.
- DIZIONARIO DELLA LINGUA ITALIANA – DEVOTO OLI
(c)1990, Casa Editrice Felice Le Monnier S.p.A., Firenze I

LESSICO ECOSPELEOLOGICO.

AUTOTROFI Genere di Batterî Schizomiceti, aerobî, presenti sia nelle acque che nel terreno, parzialmente autotrofi in quanto capaci di organizzare l'azoto atmosferico e quindi importanti per il ciclo dell'azoto

BIOTICO Concernente gli organismi viventi e i processi vitali; sin. di biologico, spec. in ecologia e biogeografia Fattori b., gli organismi (batterî, parassiti e simili) che agiscono sulla vegetazione o su altri processi; si contrappongono ai fattori fisici.

DIPLURI Ordine d'Insetti Atterigoti, terrestri, piccoli, ciechi, di forma piatta e allungata, depigmentati; vivono sul terreno umido o tra sostanze vegetali in decomposizione.

⁽²⁾ L'art. 2, co. 3 della L. Trento n. 37/83 come modificata dalla L. Trento n. 1/88 stabilisce che "Le grotte e gli ambienti carsici sono altresì considerati patrimonio speleologico della provincia".

ESOGENO Che proviene o nasce dal di fuori part. In geologia, di azioni, forze, fenomeni, ecc. che si manifestano sulla superficie terrestre o nelle zone immediatamente prossime a essa.

FILOGENETICA La linea evolutiva dei gruppi sistematici animali e vegetali.

ISOPODI' Ordine di Crostacei Malacostraci, di medie e piccole dimensioni, in gran parte marini ma anche d'acque dolci o terrestri (Oniscidi); hanno corpo normalmente depresso, occhi non pedunculati, apparato boccale variamente conformato a seconda dei costumi e, di regola, sette paia di zampe

LIMIVORO Di animale acquatico che deglutisce fango per nutrirsi delle sostanze organiche in esso contenute.

ORTOTTERI Ordine di Insetti Pterigoti, com. noti col nome di cavallette, locuste, grilli; hanno antenne di lunghezza e forma varie, apparato boccale masticatore, con mandibole robuste e denticolate, zampe anteriori cursorie, le posteriori atte al salto, ali anteriori leggermente sclerificate (tegmine), quelle posteriori membranose. I maschi possiedono un organo stridulante costituito dalla parte interna del femore provvista di dentellature chitinose che sfregano contro le tegmine.

PROTISTA Ogni organismo costituito da una sola cellula o da più cellule con nucleo diploide delimitato da una membrana.

SAPROFAGO Di organismo che si nutre di sostanze organiche in decomposizione.

TASSONOMIA Nelle scienze naturali, sin. di sistematica.

TROFICO In biologia, relativo alla nutrizione.

TROGLOBIO Animale completamente adattato alla vita ipogea.