

Valentina Balestra (a,b), Enrico Lana (b), Cristina Carbone (c,b), Jo De Waele (d), Raoul Manenti (e),
Loris Galli (c)

(a) DIATI – Politecnico di Torino, valentina.balestra@polito.it

(b) Biologia Sotterranea Piemonte – Gruppo di Ricerca, enrlana@libero.it

(c) DISTAV – Università degli Studi di Genova, cristina.carbone@unige.it, loris.galli@unige.it

(d) BIGEA – Università di Bologna, jo.dewaele@unibo.it

(e) DESP – Università di Milano, Raoul.Manenti@unimi.it

Keywords: subterranean biology; ecological dynamics; monitoring; caves

Abstract

In questo studio sono state valutate le dinamiche annuali e la fruizione degli ambienti terrestri e parietali di una comunità sotterranea, con l'obiettivo di capire se gli organismi che vivono in grotta hanno una distribuzione simile negli ambienti terrestri e parietali e di scoprire quali tra le diverse caratteristiche microambientali influenzano tale distribuzione. Mediante osservazione diretta con il metodo di campionamento dei quadrati sul terreno e transetti sulle pareti, sono state valutate mensilmente la ricchezza e l'abbondanza di 62 specie ipogee in una grotta del Piemonte. Durante ogni sessione di monitoraggio sono stati misurati anche fattori ambientali quali l'intensità della luce, la temperatura, l'umidità relativa e la composizione mineralogica dei substrati, evidenziandone l'influenza sulla distribuzione della comunità. È stato possibile osservare differenze significative tra i microhabitat terrestri e parietali e un gradiente di variazione delle comunità di specie dall'ingresso verso le aree interne della cavità, tuttavia, viene sottolineato anche che le dinamiche delle pareti sono molto diverse rispetto a quelle al suolo, indipendentemente dalla distanza dall'ingresso. Gli indici di biodiversità hanno evidenziato una diversità di specie nelle aree di campionamento e una discreta biodiversità totale della fauna, con i valori più alti riscontrati vicino all'ingresso e più bassi nella parte interna.

Introduzione

Diversi fattori ambientali hanno un effetto diretto sugli ecosistemi ipogei e una profonda influenza sulla fauna sotterranea, come l'assenza di luce, l'umidità relativa, la temperatura, la morfologia della grotta, la litologia, l'acqua e la circolazione dell'aria (Culver, Pipan, 2010). L'insieme degli organismi sotterranei, con gradi di adattamento differenti, è suscettibile a formare un gradiente dall'ingresso ai settori più profondi della grotta (Mammola, 2019) che, sebbene complesso, dovrebbe condurre a dinamiche ecologiche piuttosto semplici rispetto alle comunità di superficie; tuttavia, gli studi biologici sulle comunità sotterranee sono scarsi, soprattutto a causa delle difficoltà e degli impedimenti legati a questo ambiente estremo. La ricerca sugli organismi sotterranei ha una lunga storia di studi focalizzati su singole specie o gruppi, che raramente considerano l'habitat sotterraneo come un ambiente tridimensionale, collegato a un'intricata rete di fessure non direttamente accessibili all'uomo (Giachino, Vailati, 2010). La stagionalità legata all'esterno e l'abbondanza di materia organica o delle prede nei settori meno profondi delle grotte sembrano influenzare la presenza, l'abbondanza e le interazioni delle specie troglifile (specie facoltative) (Mammola et al., 2017). Al contrario, per le comunità composte principalmente da troglubi (specie obbligate) le condizioni microclimatiche locali sembrano avere l'importanza maggiore (Kozel et al., 2019, Balestra et al., 2022). Nella presente ricerca, si ipotizza che i fattori ambientali influenzino le comunità della grotta, indipendentemente dalla singola specie e dai diversi gradi di adattamento alla vita sotterranea, e che la composizione mineralogica del substrato svolga un ruolo importante nella distribuzione delle comunità sotterranee. Inoltre, si ipotizza che, se vi è un principale gradiente di adattamento delle comunità di grotta dall'ingresso verso le aree interne, i diversi settori della grotta (habitat terrestri e parietali) mostrino una diversa composizione della fauna a seconda della loro distanza dall'ingresso.

Materiali e metodi

Le indagini sono state effettuate nella grotta del Baraccone (PI309, 1040 m s.l.m., Bagnasco (CN), Piemonte, Italia) (Fig.1). La grotta ha una lunghezza di circa 40 m e una profondità di 8. È ricca di materiale organico in decomposizione proveniente per lo più dall'ingresso e ospita diversi microhabitat. L'ingresso, stretto e ripido, favorisce la caduta di detriti vegetali che vengono poi trasportati in tutta la grotta. Dal 1928 al 2013, diversi campionamenti faunistici sono stati effettuati in questa cavità, segnalando la presenza di 17 specie di invertebrati, di cui 2 troglubi e 8 troglifili. Alcune specie ipogee hanno microhabitat preferenziali e diversi autori concordano sul fatto che una combinazione di metodi differenti sia essenziale per indagare le comunità sotterranee (Bichuette et al., 2015, Kozel et al., 2017). In questo lavoro è stata utilizzata una combinazione di metodi di campionamento e monitoraggio: metodo dei quadrati con campionamento stratificato (1x1 m, fissati con chiodi e corde) per la conta superficiale degli invertebrati sul terreno, e transetti di 2 m per il conteggio degli invertebrati in parete (Fig.1B). Prevalutazioni in situ hanno permesso di stabilire otto aree di campionamento degli invertebrati, al fine di evidenziare i diversi microhabitat della grotta, tenendo in considerazione temperatura (T), umidità relativa (RH%), intensità luminosa (LI), tipo di substrato, presenza e abbondanza di macrofunghi, feci e materia organica in decomposizione, presenza, posizione e forma di pietre, rocce e minerali sul terreno, presenza di acqua e fratture. Sette aree includono un quadrato di campionamento e un transetto, mentre una comprende unicamente un transetto. Non sono state utilizzate trappole, e le indagini sono state effettuate mensilmente per un anno, con conta visiva diretta, supportata dall'acquisizione di macrofotografie delle specie osservate. Le indagini visive richiedono a priori conoscenze biologiche dei taxa osservati per l'identificazione e non consentono una corretta determinazione a livello specifico di tutti i taxa. I campioni prelevati per la determinazione delle specie incerte sono stati collocati direttamente in etanolo 96% e sono stati determinati dagli specialisti di riferimento. Gli individui osservati sono stati raccolti in un contenitore per evitare conteggi ripetuti e, alla fine della valutazione, rilasciati. Gli esemplari morti non sono stati conteggiati. Per ogni area di campionamento, sono state effettuate sessioni di conteggio di 15 minuti, allo stesso orario (h 10:00-16:00), da parte degli stessi due ricercatori. T e RH% sono state misurate con un termohigrometro HD 2101.1 Delta Ohm equipaggiato con sonda Pt100 T e RH% HP 472AC. Grazie all'estensione della sonda (2,5 m) è stato possibile registrare i dati senza l'influenza degli operatori. Un luxmetro HD 2302.0 Delta Ohm con sonda fotometrica LP471PHOT è stato utilizzato per la misurazione dell'intensità luminosa. Le fotografie degli esemplari sono state scattate da VB utilizzando una Canon EOS 70D reflex camera con obiettivo EF 100 mm 1:2.8 USM Macro e flash integrato. I campioni mineralogici sono stati raccolti esclusivamente da speleotemi già fratturati e sono stati caratterizzati mediante un diffrattometro a Raggi X (XRD) Philips PW3710. Il software PAST, versione 4.02 (Hammer et al., 2001) è stato utilizzato per eseguire le seguenti analisi statistiche: 1) Canonical Correspondence Analysis (CCA), al fine di valutare i rapporti tra fattori ambientali, substrato minerale e taxa rilevati a livello di classe e ordini principali. 2) Test ANOSIM e analisi SIMPER, per evidenziare le differenze tra le comunità faunistiche dei diversi siti di campionamento e, se presenti, il contributo di ciascun taxon a tali differenze. Sono stati adottati l'indice di similarità di Jaccard e la correzione di Bonferroni. Un clustering UPGMA basato sull'indice di somiglianza di Jaccard (1000 repliche bootstrap) sui dati cumulati di ciascun punto di campionamento è stato realizzato per una rappresentazione grafica delle relazioni similarità/distanza tra le comunità. 3) Indice di Equitabilità (Indice di Pielou) (I), Dominanza (Indice 1-Simpson) (D) e diversità di Shannon (H), calcolati per ogni punto di campionamento e per ogni mese, al fine di confrontare la biodiversità delle comunità nelle diverse zone della grotta e di delineare l'andamento mensile della diversità faunistica. 4) Analisi di rarefazione, per verificare la completezza della ricchezza di specie osservata.

Risultati

Nella Grotta del Baraccone, grazie al monitoraggio standardizzato mediante l'utilizzo di diversi metodi e l'incremento dei siti di campionamento considerando diversi habitat, sono state osservate 62 specie di invertebrati, di cui almeno 20 troglifili e 5 troglubi (Fig.2). Il numero totale di individui censiti è stato di 3630. I risultati evidenziano che le condizioni ambientali sembrano influenzare la presenza e l'abbondanza della maggior parte dei taxa che compongono le comunità sotterranee, indipendentemente dal loro grado di adattamento alla vita in ambiente ipogeo (Fig. 3). In particolare, l'umidità e i livelli di luce sembrano influenzare la maggior parte degli organismi con alcune eccezioni. La temperatura si stabilizza man mano che si procede verso le aree interne della grotta, influenzando soprattutto la fauna terrestre. Non possiamo affermare che la composizione mineralogica dei substrati in parete e sul terreno sia un fattore determinante per la presenza delle comunità sotterranee all'interno dello stesso sito di campionamento, poiché abbiamo riscontrato una bassa variabilità mineralogica tra i diversi microhabitat campionati; tuttavia, alcuni organismi hanno mostrato una preferenza per particolari tipologie di substrato. Viene registrata una forte differenza tra i gruppi di specie che si rinviengono a livello del suolo rispetto a quelli che si incontrano lungo le pareti, e una notevole variazione tra microhabitat terrestri di diverse aree della grotta. La fauna parietale risulta piuttosto omogenea nell'intera grotta (Fig.4). I taxa responsabili delle differenze evidenziate sono stati osservati soprattutto nelle aree di campionamento più influenzate dalle variazioni climatiche esterne e dalla luce. I valori più alti di biodiversità sono stati riscontrati vicino all'ingresso, mentre i più bassi nella parte interna della cavità (Fig.5). Da un lato, i risultati confermano l'idea generale di un gradiente di variazione che si verifica dall'ingresso verso le aree interne, ma dall'altro, dimostrano anche che le dinamiche delle pareti possono essere molto diverse da quelle che si verificano al suolo, indipendentemente dalla distanza dalla superficie.

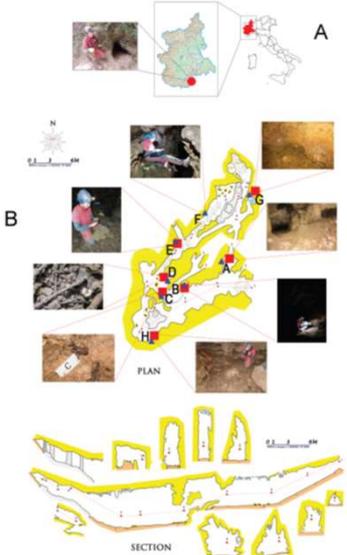


Fig. 1. A: Grotta del Baraccone, Piemonte, Italia (foto: E. Lana); B: Rilievo della grotta con le aree di monitoraggio. Quadrati rossi per il monitoraggio della fauna terrestre e triangoli blu per il monitoraggio della fauna parietale (mappa: V. Balestra e R. Sella, foto: E. Lana e V. Balestra).

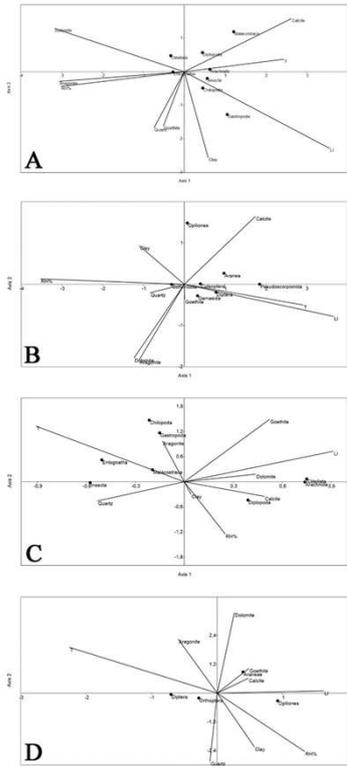


Fig. 3. Canonical Correspondence Analysis. Fauna ipogea legata a fattori ambientali e substrato minerale. A: Classi di fauna terrestre; B: Ordini di fauna terrestre (Arachnida, Entognatha e Insecta) con un numero di esemplari superiore al 5% del totale di ciascuna classe considerata; C: Classi di fauna parietale; D: Ordini di fauna parietale (Arachnida e Insecta) con un numero di esemplari superiore al 5% del totale di ciascuna classe considerata.

Per maggiori dettagli ed approfondimenti: Balestra V., Lana E., Carbone C., De Waele J., Manenti R., Galli L. (2021). "Don't forget the vertical dimension: assessment of distributional dynamics of cave-dwelling invertebrates in both ground and parietal microhabitats", *Subterranean Biology*, 40: 43-63.

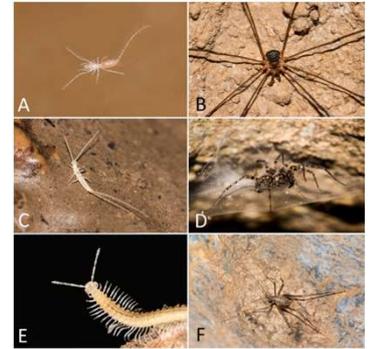


Fig. 2. Fauna osservata nella grotta del Baraccone. A: *Eukoenaena strinatii*, palpigribo troglubo; B: *Amilenus aurantiacus*, opilione; C: *Campodea* sp., dipluro troglubo; D: *Tegenaria silvestris*, ragno troglifo; E: *Plectogona* sp., diplopode troglifo; F: *Dolichopoda azami*, insetto troglifo. (Foto: V. Balestra).

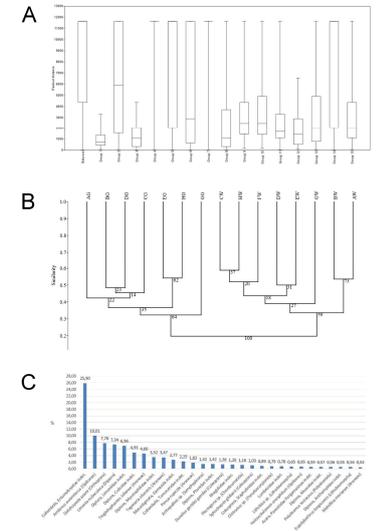


Fig. 4. A: One-way ANOSIM test. Pareti in otto siti (A-H, Gruppi 1-8), terreni in sette siti (A-E e G-H, Gruppi 9-15); B: somiglianza tra la fauna terrestre (da AG a HG) e quella parietale (da AW a HW) (clustering UPGMA basato su indice di somiglianza di Jaccard - i valori bootstrap sono mostrati sotto ogni nodo); C: Analisi SIMPER. Taxa responsabili delle differenze osservate tra le comunità nelle diverse aree di campionamento in percentuale.

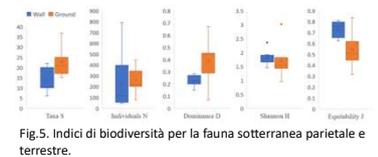


Fig. 5. Indici di biodiversità per la fauna sotterranea parietale e terrestre.

Bibliografia

- Balestra V., Lana E., Vanin S. (2022). "Observations on the habitat and feeding behaviour of the hypogean genus *Eukoenaena* (Palpigridi, Eukoenaeniidae) in the Western Italian Alps", *Subterranean Biology*, 42: 23-41.
- Bichuette M.E., Simões L.B., von Schimonsky D.M., Gallão J.E. (2015). "Effectiveness of quadrat sampling on terrestrial cave fauna survey: a case study in a Neotropical cave", *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 37 (3): 345-351.
- Culver D.C., Pipan T. (2010). "Climate, abiotic factors, and the evolution of subterranean life", *Acta Carsologica*, 39 (3): 33-43.
- Giachino P., Vailati D. (2010). "The subterranean environment. Hypogean life, concepts and collecting techniques.", *WBA Handbooks*: 130.
- Hammer Ø., Harper D.A., Ryan P.D. (2001). "PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis", *Paleontologia elettronica*, 4 (1): 9.
- Kozel P., Pipan T., Sajna N., Polak S., Novak T. (2017). "Mitigating the conflict between pitfall-trap sampling and conservation of terrestrial subterranean communities in caves", *International Journal of Speleology*, 46 (3): 359-368.
- Kozel P., Pipan T., Mammola S., Culver D.C., Novak T. (2019). "Distributional dynamics of a specialized subterranean community: the classical understanding of the preferred subterranean habitats", *Invertebrate Biology*, 138 (3): e12254.
- Mammola S. (2019). "Finding answers in the dark: caves as models in ecology fifty years after Poulson and White", *Ecography*, 42 (7): 1331-1351.
- Mammola S., Piano E., Giachino P.M., Isala M. (2017). "An ecological survey of the invertebrate community at the epigeal/hypogean interface", *Subt. Biol.* 24: 27-52.