



***Cave Microbial Survey*: progetto di ricerca scientifico-speleologico per l'implementazione dei dati sulla microflora ipogea.**

Il progetto di ricerca scientifico-speleologico per l'implementazione dei dati sulla microflora ipogea, basato sull'utilizzo del *form* compilabile online "*Cave Microbial Survey*", è al momento attivo.

Segnalazioni raccolte

Le attività preliminari di promozione del progetto, hanno consentito di ottenere finora 34 segnalazioni di *biofilm* microbici, presenti in cavità italiane di diversa natura. Nella figura 1 è riportata la distribuzione per regioni del numero di segnalazioni (area di studio: territorio nazionale).



Figura 1- Segnalazioni ottenute

Nella figura 2, invece, sono riportate le segnalazioni puntiformi per ciascuna scheda ricevuta; onde evitare un accumulo di punti in zone più densamente segnalate, viene riportato il centroide del Comune cui la grotta appartiene. La raccolta dei dati, iniziata nel novembre 2016, ha portato finora ad ottenere diverse segnalazioni di *biofilm* presenti all'interno di cavità italiane di diversa natura. Le informazioni raccolte sono state preliminarmente elaborate tramite analisi descrittiva di seguito riportata.

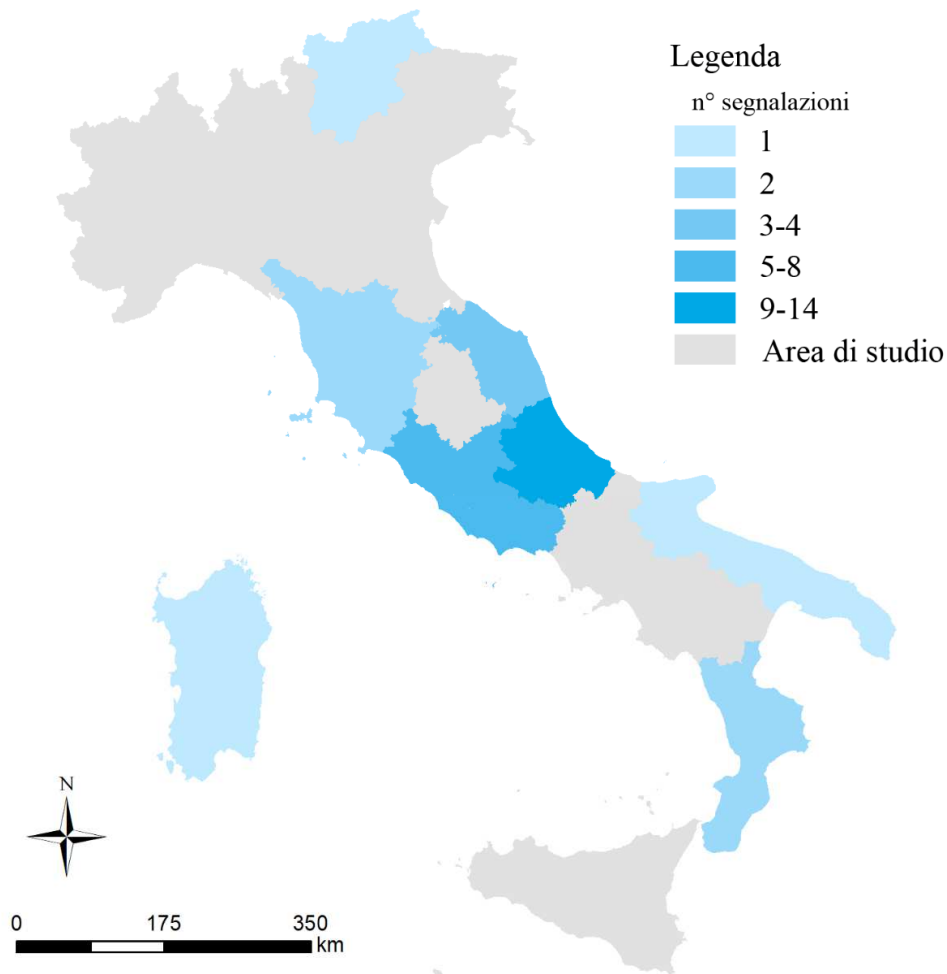
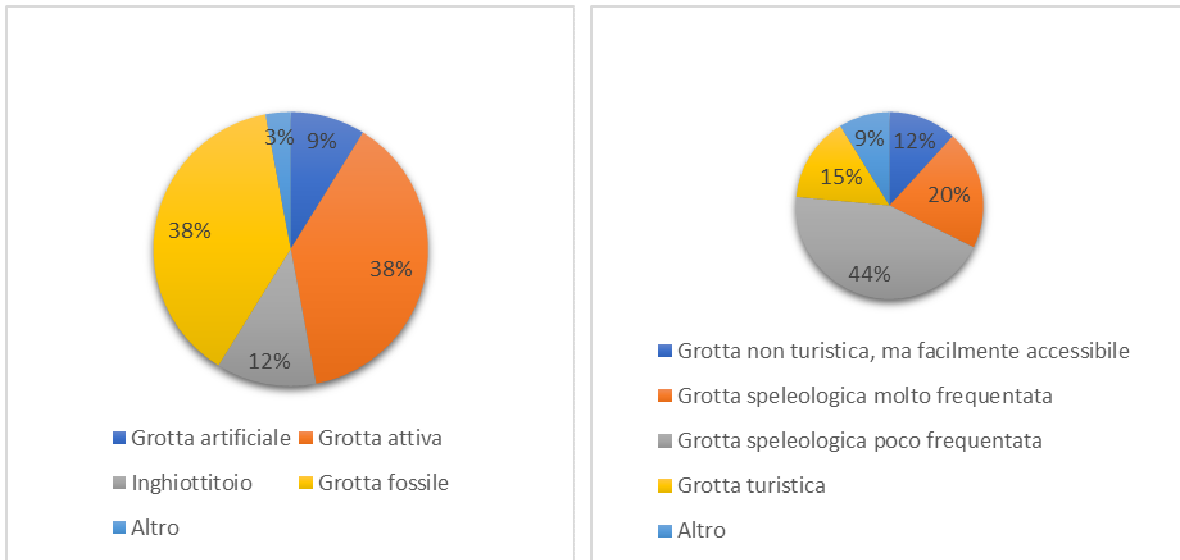


Figura 2 – Segnalazioni ricevute, raggruppate per Comune (centroide).

Elaborazione preliminare dei dati

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dalle diverse segnalazioni ricevute. È stato realizzato un grafico per ciascun aspetto indagato.



a

Figura 3 – a. suddivisione delle segnalazioni per natura della cavità; b. ripartizione delle segnalazioni per grado di frequentazione delle grotte

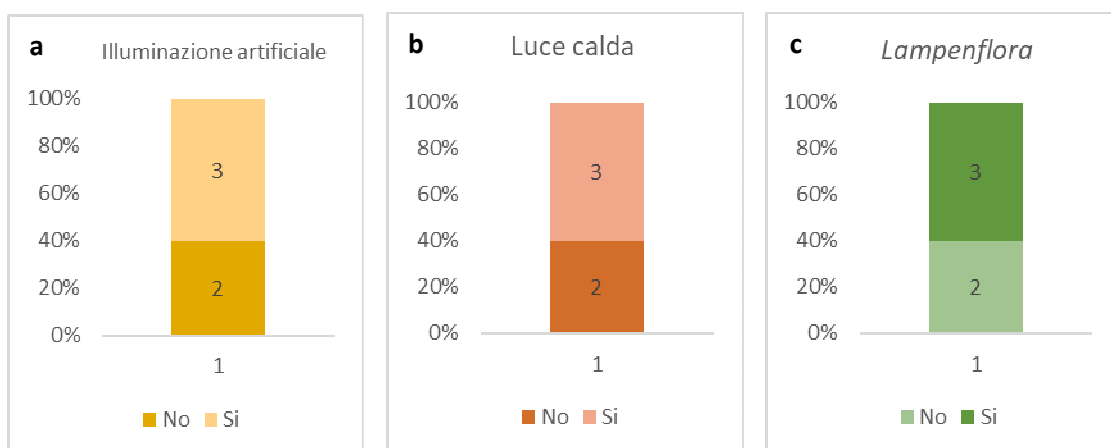


Figura 4 – a. segnalazioni di illuminazione artificiale in ambiente ipogeo; b. uso di luci calde (nelle grotte presentanti illuminazione artificiale); c. presenza di lampenflora in prossimità di impianti di illuminazione

Gli organismi *fitotrofici* sono rinvenuti generalmente solo nelle zone di ingresso delle grotte, le quali sono soggette ad irradiazione solare, ma tendono ad essere assenti nelle zone più interne delle cavità, a meno che non sia presente una installazione di luce artificiale permanente. Le comunità fotosintetiche che prosperano in prossimità delle illuminazioni artificiali sono conosciute in letteratura con il nome *lampenflora* (Lamprinou *et al.*, 2014).

Come risulta ormai noto in bibliografia, gli impianti di illuminazione artificiale, se installati e gestiti senza opportuni accorgimenti, possono causare numerosi problemi derivanti dalla crescita di cianobatteri e alghe che rappresentano un grave disturbo ecologico, oltre ad una perdita del valore estetico di pareti e concrezioni colonizzate (Smith e Olson, 2007).

La diffusione dei batteri varia notevolmente da grotta a grotta, e perfino all'interno della stessa cavità, in relazione a determinati fattori presenti in diverse zone. Nelle varie porzioni della grotta infatti, alcuni parametri chimico-fisici possono variare, influenzando in maniera significativa le colonie microbiche. La presenza di acqua in particolare, rappresenta una condizione importante per la crescita di particolari *biofilm*. Numerose aggregazioni microbiche sono state infatti osservate in luoghi strettamente legati all'acqua, come punti di maggiore condensa o in prossimità di infiltrazioni di acqua intensa, oppure in grotte che ospitano al proprio interno fiumi, sifoni, laghi o vaschette.

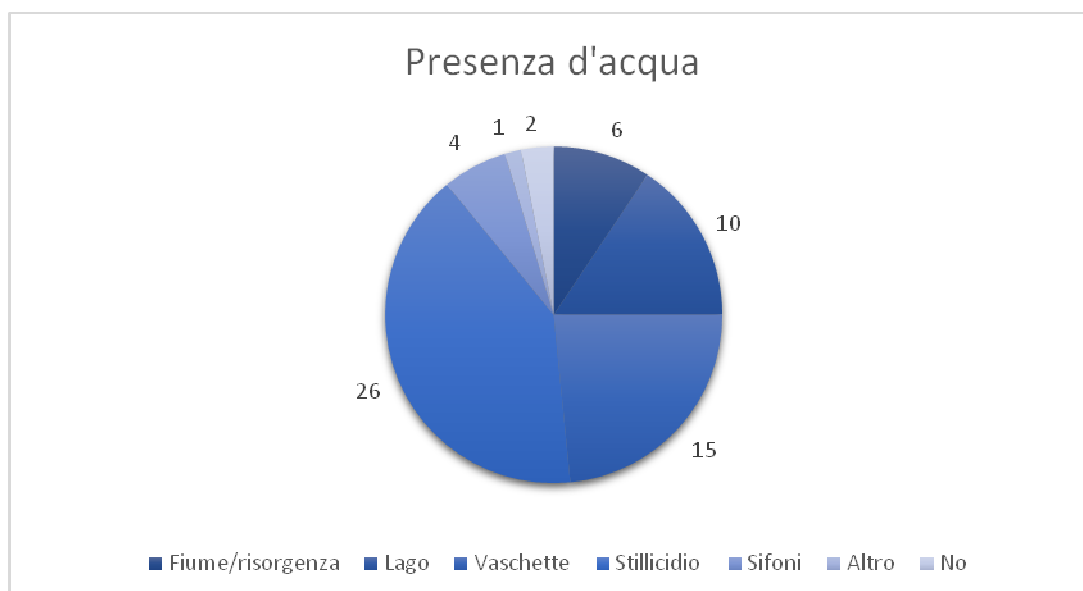


Figura 5 – Presenza di acqua rilevata all'interno degli ipogei e relativa classificazione

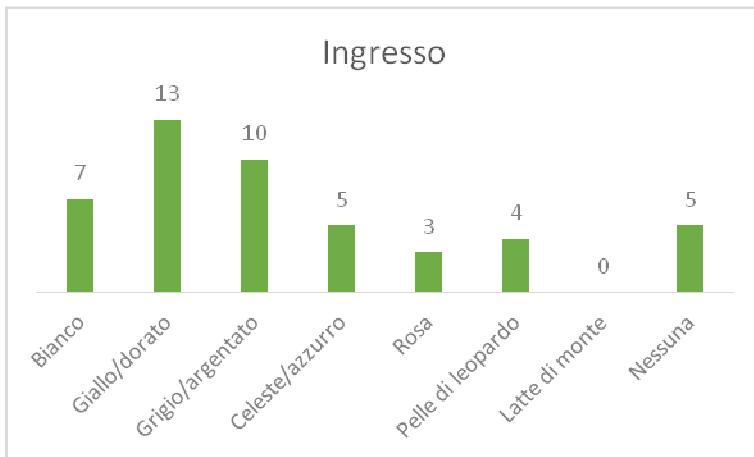


Figura 6 – Tipologie di colonie batteriche osservate nella zona di ingresso delle cavità

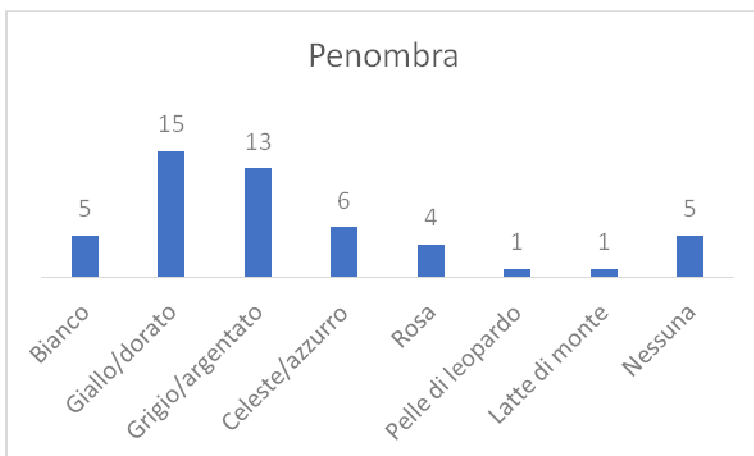


Figura 7 – Tipologie di colonie batteriche osservate nella zona di penombra delle cavità

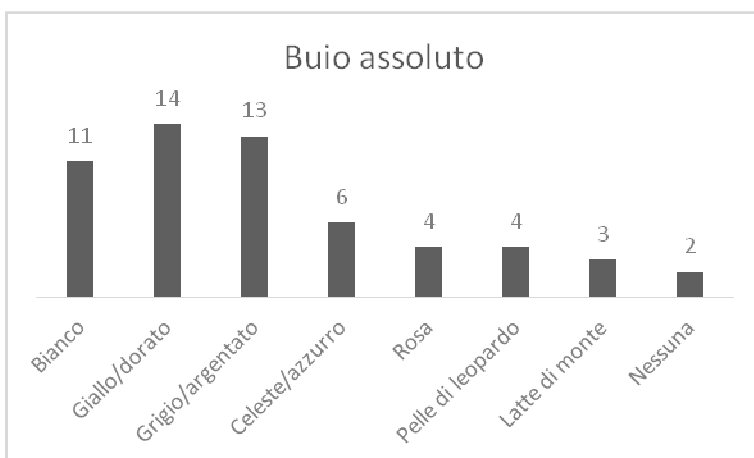


Figura 8 – Tipologie di colonie batteriche osservate nella zona di buio assoluto delle cavità

Una cavità connessa con l'esterno può presentare tre *micro-habitat* principali influenzati dalla penetrazione e dall'intensità della luce; tali settori sono schematizzati in zone di ingresso, penombra e buio assoluto. Ognuna di queste porzioni presenta specifiche condizioni chimico-fisiche e trofiche legate a gradienti geochimici che influenzano la potenziale colonizzazione e distribuzione della vita ipogea, come concentrazioni di metalli o ossigeno disciolto, disponibilità di acqua, etc. (Engel, 2010).

Zona di ingresso. È caratterizzata da arrivi di luce, quindi da una discreta presenza di vegetazione, per lo più composta da piante sciafile. Temperatura e correnti esterne sono variabili e vi è una maggiore disponibilità di materiale organico proveniente dall'esterno (giunto per gravitazione oppure per trasporto idrocoro, anemocoro e zoocoro).

Zona di penombra. La zona di penombra presenta delle caratteristiche intermedie tra le due aree d'ingresso e di buio assoluto. Le oscillazioni di temperatura sono meno variabili rispetto all'ingresso e la presenza di vegetazione è notevolmente limitata. Gli arrivi di luce sono estremamente ridotti.

Zona di buio assoluto. Si tratta generalmente della porzione preponderante e che meglio identifica l'ambiente ipogeo. A differenza degli *habitat* superficiali, nelle zone più profonde delle grotte le condizioni chimico-fisiche sono tendenzialmente più stabili. L'assenza di luce è la caratteristica principale di questa area e non permette la fotosintesi. Considerando che questo processo non è possibile nelle zone di buio assoluto, nella maggior parte delle grotte il sostentamento, e quindi la disponibilità di materiale organico, deriva dall'esterno; altre particolari cavità, invece, utilizzano carbonio organico fornito direttamente da organismi *chemoautotrofi*, i quali rappresentano l'unica fonte di produttività primaria presente in grotta (Engel, 2010).

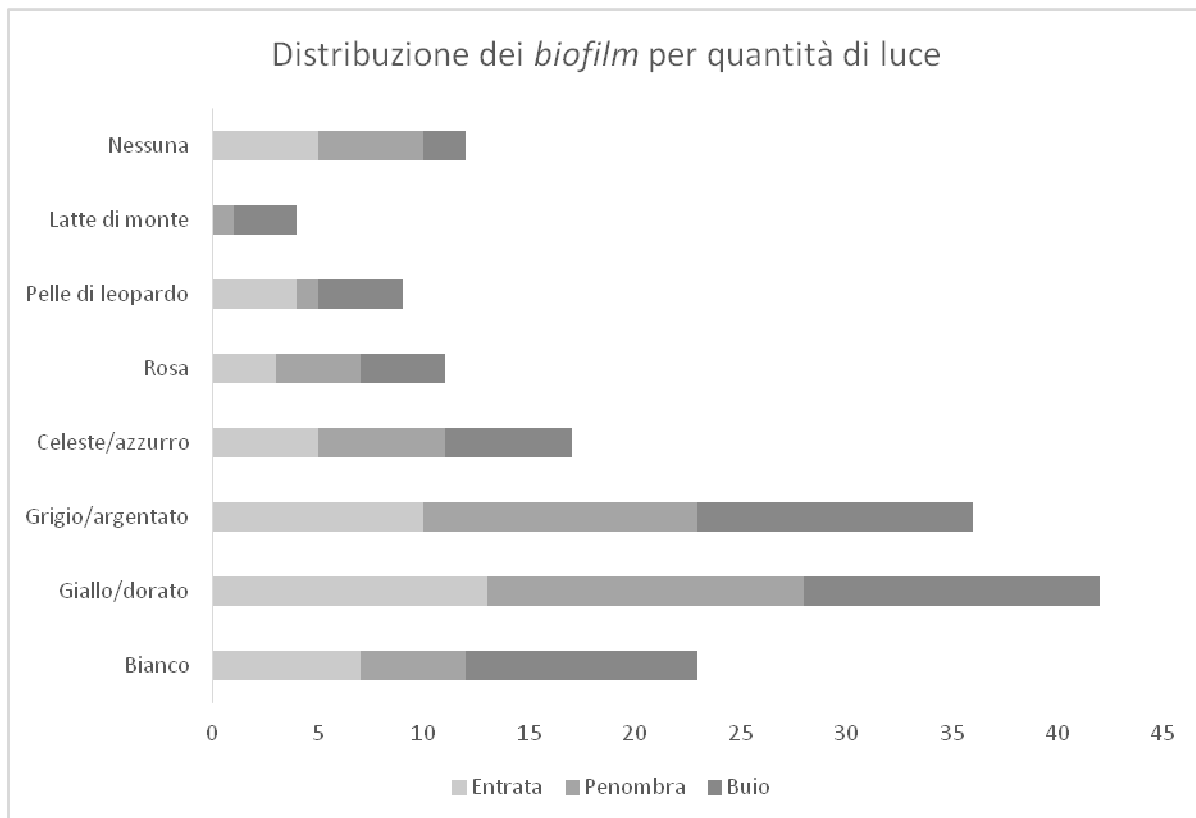


Figura 9 – Tipologie di colonie batteriche (somma) osservate nelle tre diverse zone di osservazione

La figura 9 infine, mostra l'andamento complessivo dei *biofilm* microbici nelle zone di ingresso, penombra e buio assoluto. Il dato emergente, in questa fase preliminare, risulta essere la prevalenza di biofilm giallo-dorato che si attesta al 27% del totale delle segnalazioni, seguito dalle colonie grigio/argentate (23%).

Attività scientifica e divulgativa

Attualmente, grazie al contributo di numerosi speleologi, è stato possibile procedere alla costruzione di un *geo-database*, contenente dati sulle patine microbiologiche in esame e le principali informazioni ad esse connesse (nome cavità e tipologia, coordinate geografiche, parametri biotici e abiotici, informazioni sul collaboratore, etc.).

Le segnalazioni ottenute in questa prima fase di attività hanno permesso inoltre di realizzare un piano di campionamento (figura 10) estremamente mirato, che verrà attuato nelle fasi successive del progetto.



Figura 10 - Campionamento microbiologico in grotta

Nell'estate 2018, in aggiunta all'attività di promozione del *form* compilabile *online*, sono stati promossi eventi divulgativi nell'ambito della spedizione speleologica-scientifica "Mavrovo 2018", svoltasi in Macedonia ed organizzata dall'associazione di esplorazioni geografiche "Persephone Esplorazioni". Nell'ambito di questo progetto esplorativo sono state effettuate lezioni in lingua inglese sulla biospeleologia, con una particolare attenzione rivolta all'aspetto microbiologico (figura 11).



Figura 11 – Lezioni teoriche sulla biospeleologia (Macedonia)

Le lezioni teoriche, inoltre, sono state accompagnate da attività di campo, svolte direttamente in ambiente ipogeo, con il fine di illustrare ai partecipanti i principali metodi di riconoscimento e campionamento dei *biofilm* microbici parietali.

Parallelamente, sono state svolte attività di documentazione, esplorazione e campionamento microbiologico in ambienti particolarmente ostici (cavità in esplorazione).

I campioni raccolti in Italia e nelle cavità macedoni, sono al momento all'interno del laboratorio di Microbiologia della Sezione di Scienze Ambientali, presso l'Università degli Studi dell'Aquila, e nelle fasi successive del progetto, tale materiale microbiologico verrà analizzato tramite tecniche molecolari.

Prosegue al momento l'attività di promozione, divulgazione e raccolta dati.

Infine, ulteriori sviluppi del progetto prevedono la ricerca e l'acquisto di strumentazioni *high-tech* che possano essere utilizzate per indagini microbiologiche ad alto livello tecnico-scientifico. Una volta individuato lo strumento idoneo, questo verrà sperimentato e testato in ambiente ipogeo; le tempistiche legate all'acquisto dello stesso, sono diretta conseguenza della sua disponibilità sul mercato (e delle relative offerte che possono incidere notevolmente sul prezzo).

L'insieme delle attività tecnico-scientifiche sarà supportato dai membri del Gruppo Grotte e Forre "Francesco de Marchi", del Gruppo Speleologico Aquilano, della Federazione Speleologica Abruzzese.

Conclusioni

Le recenti tecniche statistiche e i software GIS, ampiamente utilizzati dai ricercatori, sono estremamente potenti e permettono di selezionare, mappare e attribuire dei valori per la conservazione degli ambienti studiati, consentendo l'individuazione dei siti prioritari di studio e/o intervento. Tuttavia, queste tecniche, per quanto efficienti e sofisticate, non possono basarsi su una banca dati incompleta; per poter effettuare qualsiasi tipo di elaborazione, è necessario dunque disporre di adeguate conoscenze sull'ambiente in esame, informazioni che, nel caso di studi relativi all'ecosistema sotterraneo, possono essere acquisite solo da parte di speleologi e biospeleologi. Per raggiungere tali obiettivi, è emersa prima di tutto, la necessità di riunire tutti gli studi riguardanti la microflora ipogea, un'esigenza che risulta di primaria importanza sia sotto il punto di vista della ricerca, che della gestione delle comunità microbiche sotterranee e dell'intero sistema ipogeo. *Cave Microbial Survey* rappresenta uno strumento utile per diversi scopi. La scheda permette di raccogliere e classificare i lavori presenti in letteratura e consente di stabilire una solida e costante collaborazione tra speleologi e microbiologi, al fine di implementare e coadiuvare la raccolta dei dati (oltre che scoprire nuovi fenomeni in grotta); un altro aspetto è quello legato all'ambito gestionale: *Cave Microbial Survey* può servire ad evidenziare le criticità derivanti da gestioni superficiali che non considerano la componente microbiologica nei piani di gestione (o che lo fanno in maniera errata). Il progetto, quindi, ha lo scopo di favorire ed accrescere nel tempo una conoscenza più completa dell'intero sistema sotterraneo ed una maggiore consapevolezza sulla complessità e sulla delicatezza dei differenti ambienti ipogei, con una particolare attenzione alla microflora ipogea. *Cave Microbial Survey*, infatti, consente di attribuire una grande importanza per il monitoraggio e la conservazione dell'ambiente sotterraneo, nonché per una fruizione consapevole degli ambienti ipogei.

Dott.ssa Ilaria Vaccarelli

referente del progetto