



# Alla scoperta **di un mondo nascosto**

Percorso didattico sui  
microorganismi della Val Piora

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introduzione</b>  | <b>5</b>  |
| Un percorso didattico per scoprire<br>il mondo dei microorganismi   | 5         |
| Come vedere i microorganismi?                                       | 6         |
| La mappa  | 7         |
| Gli esperti   | 10        |
| <br>  |           |
| <b>2. Benvenuti in Piora!</b>                                       | <b>13</b> |
| La Val Piora  | 13        |
| Il Centro Biologia Alpina   | 15        |
| Che cos'è un microorganismo?  | 16        |
| I batteri   | 16        |
| I funghi microscopici   | 18        |
| Le alghe microscopiche  | 20        |
| I licheni   | 21        |
| <br>  |           |
| <b>3. Percorso didattico sui<br/>microorganismi della Val Piora</b> | <b>25</b> |
| Il Centro Biologia Alpina   | 25        |
| Il Lago di Cadagno  | 25        |
| L'edificio del laboratorio  | 28        |
| Il caseificio   | 31        |
| Partendo dal Centro Biologia Alpina                                 | 33        |
| La Val Fripp  | 36        |
| Cadagno di Dentro   | 39        |
| Cadagno di Fuori  | 43        |
| <br>  |           |
| <b>4. Arrivederci Piora!</b>  | <b>47</b> |
| <br>  |           |
| <b>5. Informazioni utili</b>  | <b>48</b> |
| <br>  |           |
| <b>6. Referenze</b>   | <b>49</b> |

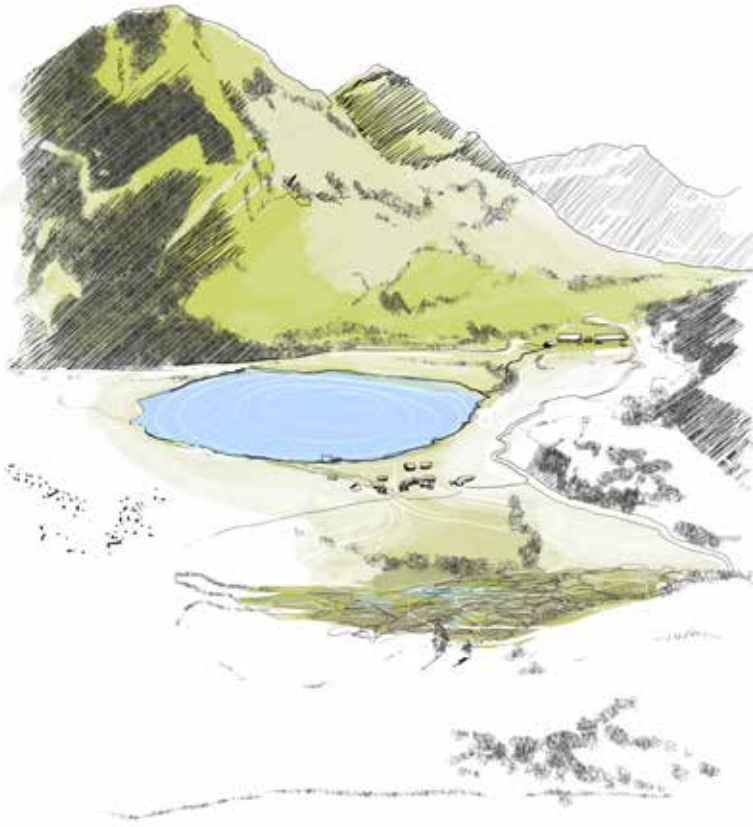
# 1. Introduzione

## **Un percorso didattico per scoprire il mondo dei microorganismi**

La Val Piora è una delle valli più spettacolari in tutto il Ticino, celebre per la sua ricca biodiversità e per i suoi numerosi laghi. Da oltre 200 anni turisti e scienziati hanno visitato e studiato la valle, unica nel suo genere, approfittando di questo contesto eccezionale. Al fine di poterla preservare, è importante conoscere e proteggere le comunità che vivono in essa, così come l'ambiente in cui si evolvono. Nel cuore di questo ecosistema, si trovano degli organismi che vi giocano un ruolo chiave, ma che sono ai più sconosciuti poiché invisibili all'occhio umano: questi silenziosi protagonisti sono i microorganismi.

Gli organismi microscopici (o microorganismi) sono presenti dappertutto: nell'acqua, nel terreno, nell'aria ed anche all'interno o sulla pelle di altri esseri viventi. Essi sono la prima forma di vita a essersi sviluppata sulla terra, circa 3,5 miliardi di anni fa. Grazie alla loro attività e ai loro effetti sui cicli biogeochimici, questi organismi hanno permesso lo sviluppo di tutte le altre forme di vita. Essi sono gli esseri viventi più diversificati e più diffusi sulla Terra, più di tutte le piante e gli animali. Se non esistessero, la vita sul nostro pianeta sarebbe semplicemente impossibile!

Questo percorso didattico è stato creato per permettere a tutti di scoprire l'universo nascosto e sconosciuto dei microorganismi nell'eccezionale cornice della Val Piora.



## Come vedere i microorganismi?

Anche se i microorganismi non sono visibili a occhio nudo, è possibile scoprire gli effetti della loro presenza. Come tutti gli esseri viventi, un microorganismo utilizza i nutrimenti e l'energia presenti nell'ambiente per far funzionare il suo organismo. Tali attività producono di conseguenza certe manifestazioni che sono visibili e che sono messe in evidenza in questo percorso didattico.

Per poter osservare questi indizi, bisogna guardarsi bene attorno. Non esitate a esplorare i luoghi descritti, come alberi o rocce, facendo sempre attenzione a non danneggiare l'ambiente circostante. In ogni caso, è necessario considerare che alcune variabilità fisiche e biologiche (es. colore della manifestazione o la sua localizzazione) si possono manifestare a seconda della stagione e delle condizioni meteorologiche.

Questa guida vi permetterà di scoprire alcuni microorganismi della regione di Piora attraverso 4 tappe. Lungo il percorso, grazie a questo opuscolo, sarete guidati da tre scienziati che hanno passato parte della loro vita a studiare i microorganismi della Valle. Per cominciare, vi parleranno della Val Piora descrivendone i principali gruppi di microorganismi presenti. Di seguito, vi guideranno lungo il percorso e vi spiegheranno quali sono gli organismi presenti, dove osservarne la presenza (e in che forma), i loro effetti e la loro importanza, arricchendo le informazioni con aneddoti riguardanti la regione.

## La mappa

Il percorso didattico può essere effettuato nel senso e nell'ordine desiderato. Di una lunghezza totale di circa 5 km, è costituito da un percorso circolare, dove il punto di informazioni centrale è situato presso il Centro Biologia Alpina (laboratori di ricerca). Sul terreno del percorso, dei piccoli paletti indicatori segnalano le zone d'osservazione nelle quali i microorganismi (o gli effetti che producono sull'ambiente) sono visibili. Su ciascun paletto si trova un riferimento ad un capitolo preciso dell'opuscolo.



Illustrazione di uno dei paletti indicatori presenti sul percorso, utilizzati come riferimento per ciascun capitolo dell'opuscolo.

**Durata del percorso  
a piedi:**

Arrivo della funicolare  
Centro Biologia Alpina  
**Durata: 1h 30 min**

Centro Biologia Alpina  
Val Fripp  
Cadagno di Dentro  
**Durata: 20 min**

Cadagno di Dentro  
Cadagno di Fuori  
**Durata: 20 min**

Centro Biologia Alpina  
Cadagno di Fuori  
**Durata: 20 min**

Percorso completo  
**Durata: circa 1h**

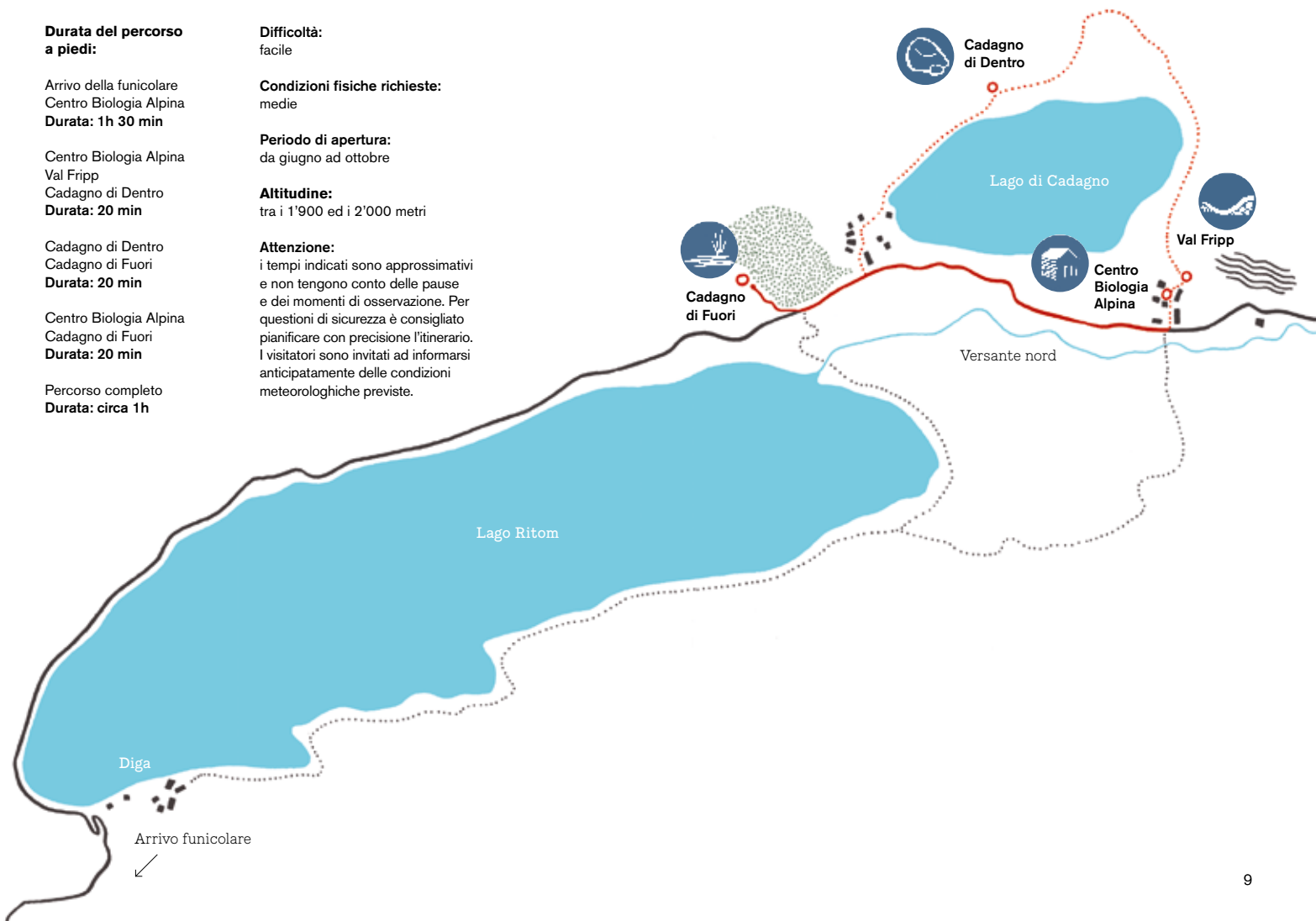
**Difficoltà:**  
facile

**Condizioni fisiche richieste:**  
medie

**Periodo di apertura:**  
da giugno ad ottobre

**Altitudine:**  
tra i 1'900 ed i 2'000 metri

**Attenzione:**  
i tempi indicati sono approssimativi  
e non tengono conto delle pause  
e dei momenti di osservazione. Per  
questioni di sicurezza è consigliato  
pianificare con precisione l'itinerario.  
I visitatori sono invitati ad informarsi  
anticipatamente delle condizioni  
meteorologiche previste.





### Gli esperti

**Raffaele Peduzzi, Prof. Dr. in scienze biologiche e specialista FAMH in microbiologia medica. Professore d'idrobiologia microbica all'Università di Ginevra**

**RP** Raffaele, Airolese DOC e cittadino onorario del comune di Quinto (Ticino), è il massimo esperto delle meraviglie microbiologiche della Val Piora. Per 30 anni Direttore dell'Istituto cantonale di microbiologia ed attuale Presidente della Fondazione "Centro Biologia Alpina" (CBA), Raffaele è lui stesso il promotore della messa in atto del Centro Biologia Alpina.

La sua lunga carriera accademica l'ha portato a pubblicare più di 400 articoli scientifici e ad insegnare in diverse Università quali: Ginevra, Milano, Varese, Neuchâtel, Università della Svizzera italiana e nei 2 Politecnici federali

(Losanna e Zurigo). Da lungo tempo coinvolto nell'insegnamento ai più giovani, Raffaele possiede egualmente un diploma di insegnante per le scuole elementari.

**Mauro Tonolla, PD Dr. in scienze biologiche**

**MT** Biologo appassionato di ecologia microbica, Mauro ha seguito una formazione come insegnante di scuola elementare prima di intraprendere una carriera accademica durante la quale ha pubblicato più di 100 pubblicazioni scientifiche in riviste internazionali. Attualmente è responsabile del Laboratorio di microbiologia applicata della Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) e *chargé de cours* presso l'Università di Ginevra.

Esperto nel settore dell'idrobiologia microbica, Mauro ha consacrato gran parte della sua vita allo studio della batteriologia e microbiologia locale della Val Piora.

**Reinhard Bachofen, Prof. Em. di microbiologia, Università di Zurigo**

**RB** Dopo aver completato una formazione di docente (scuola elementare e scuola media), Reinhard ha ottenuto il suo diploma di dottorato presso l'Università di Zurigo, eseguendo uno studio di limnologia (studio di laghi e di acque lacustri) sui laghi Hallwiler e Baldegg. Durante un lungo periodo negli Stati Uniti si è in seguito occupato della diversità metabolica di batteri anaerobici e fototrofi compresi quelli del genere *Chromatium*. Studi successivi sul bilancio energetico di batteri e alghe lo hanno portato di nuovo verso l'ecologia microbica degli ambienti acquatici, e quindi, alla didattica ed alla ricerca, anche al Centro Biologia Alpina, sul Lago di Cadagno.



## 2. Benvenuti in Piora!

### La Val Piora

**RP** La Val Piora è una delle più belle regioni alpine del Canton Ticino! Si tratta di un'antica valle glaciale (e cioè di una valle che anticamente si ritrovava completamente ricoperta dai ghiacci), caratterizzata da particolari condizioni geologiche, climatiche ed ambientali che hanno contribuito allo sviluppo di una straordinaria biodiversità. La regione è particolarmente conosciuta per la sua ricchezza idrologica, grazie ai numerosi laghi, ai corsi d'acqua e alle torbiere presenti nella valle. Tali zone umide sono preziose poiché offrono le condizioni ideali per la crescita di numerose specie animali e vegetali, ma allo stesso tempo ospitano un mondo nascosto d'invisibili presenze: i microorganismi!

Tra i maggiori luoghi d'interesse della valle, ci sono quattro zone umide protette a livello federale; si tratta delle torbiere di Cadagno (Cadagno di Dentro e Cadagno di Fuori), di Pinett-Ritom e del Passo dell'Uomo.

**MT** La venuta dell'uomo e la pratica della pastorizia hanno contribuito a rendere la valle un luogo meraviglioso e caratteristico. Qui i pastori locali producono sul posto il famoso formaggio Piora e si assicurano di mantenere curati i campi ed i prati, un'attività importante per poter preservare la valle ed i paesaggi alpini, tanto apprezzati da chi visita la regione. È interessante notare che la Val Piora è il più vasto alpeggio del Canton Ticino e che appartiene alla corporazione dei

Boggesi, un'antica comunità "borghese" i cui discendenti sono i soli ad avere il diritto di inviarti il loro bestiame.

**RP** Dal punto di vista geografico, ci possiamo render conto della ricchezza del territorio e dell'attività dell'uomo nella valle analizzando il numero di toponimi adottati dalla popolazione locale: solo a Piora esistono 280 toponimi! Un nome è stato infatti donato a ciascuna piana, pascolo e persino a certe rocce al fine di poter identificare facilmente i diversi luoghi. Questo ci fa capire molto bene quanto, tale ambiente naturale, fosse una risorsa importante per le popolazioni locali!



Rappresentazione degli edifici del Centro Biologia Alpina (A, B, C) presso l'Alpe Piora.

## Il Centro Biologia Alpina

**RP** Il Centro Biologia Alpina è stato ufficialmente inaugurato nel 1994 e la sua missione è quella di promuovere l'insegnamento universitario e la ricerca scientifica, ma anche quella di promuovere la comunicazione scientifica verso il grande pubblico. Il Centro è stato creato dal Canton Ticino in collaborazione con le Università di Ginevra e di Zurigo e, recentemente, con il contributo dell'Università della Svizzera Italiana e della Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana. Grazie a queste collaborazioni, a 2'000 metri d'altitudine siamo riusciti ad avere dei laboratori che accolgono ogni anno attività di ricerca di ben 12 università diverse con frequenza regolare. La priorità viene data ai corsi universitari, ma il Centro è ugualmente aperto alle scuole ed al pubblico interessato. Inoltre, organizziamo una volta all'anno una giornata di porte aperte per il grande pubblico (vedere "Informazioni utili" alla fine dell'opuscolo).

**RB** Una Fondazione si occupa di gestire e di sostenere il Centro. La Fondazione è costituita da membri delle istituzioni fondatrici, da membri della Corporazione dei Boggesi di Piora e dal Comune di Quinto. Grazie al sostegno del Cantone, ad una sovvenzione della Confederazione e delle Università di Ginevra e di Zurigo, le due cascine d'alpeggio d'epoca – testimonianza storica del mondo rurale del XVI secolo – sono state restaurate conservando l'architettura esteriore e dotando la struttura di spazi interni moderni e concepiti per le attività scientifiche ed educative.



**RP** Forse non tutti sanno che, da più di 200 anni, importanti ricerche scientifiche sono state condotte nella valle, al fine di studiarne le ricchezze naturali. Come vedremo di seguito, questi studi sono stati effettuati soprattutto sul Lago di Cadagno e questo ha dato l'impulso alla creazione di un Centro destinato a ricevere ricercatori provenienti da diversi istituti accademici.

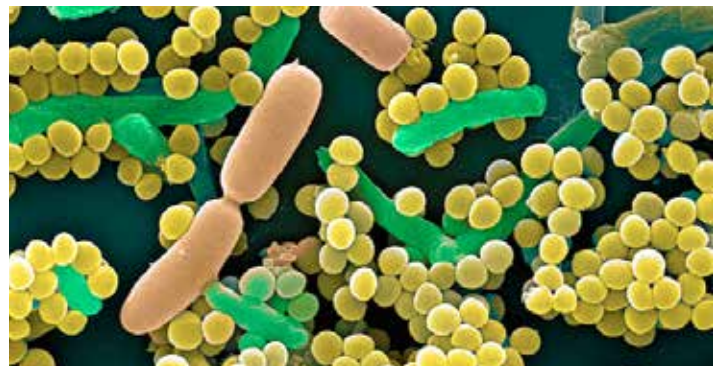
### Che cos'è un microorganismo ?

**MT** In generale definiamo come microorganismo tutti gli organismi viventi che non possono essere visualizzati direttamente se non attraverso l'utilizzo di un microscopio. Di fatti sono da 100 a 10'000 volte più piccoli di un granello di sabbia! Per avere un'idea della loro dimensione si deve immaginare che un microorganismo sta all'uomo così come l'uomo sta alla Terra. Probabilmente avrete già sentito parlare di microorganismi responsabili di diverse malattie e che vengono chiamati patogeni. Tuttavia, questi rappresentano solo una piccolissima percentuale del numero totale dei microorganismi esistenti!

Prima di incominciare la nostra breve avventura, introdurremo alcuni gruppi di microorganismi che sarà possibile osservare lungo il percorso didattico.

### I batteri

**RB** I batteri sono degli organismi viventi unicellulari, costituiti da una sola cellula che misura giusto qualche micrometro e che può avere diverse forme: rotondi nel caso dei cocci, allungati per i bastoncelli e per i bacilli, mentre possono essere spiralizzati nel caso delle spirochete. Li possiamo trovare dappertutto e certe specie



Batteri ingranditi 4'500 volte al microscopio elettronico (colori artificiali).

possono anche sopravvivere a condizioni estreme, come, per esempio, in ambienti dove la temperatura raggiunge gli 80 °C oppure in ambienti ad alta acidità. Anche gli esseri umani e gli animali sono loro stessi colonizzati da batteri, sulla pelle e all'interno del loro corpo (soprattutto nell'intestino). Questa flora, chiamata microbiota intestinale umano, gioca un ruolo fondamentale per il nostro metabolismo, per la sintesi di certe vitamine e svolge inoltre un importante effetto di protezione, partecipando allo sviluppo del sistema immunitario.

**RP** Alcuni batteri possono essere molto utili per la produzione di alimenti come il formaggio, lo yogurt, la chucrate (crauti) o l'aceto. Inoltre è importante sottolineare che nell'ambiente i batteri giocano un ruolo chiave per il ciclo degli elementi, producendo sostanze che vengono poi utilizzate da altri organismi. È questo il caso dell'ossigeno per gli animali oppure dell'azoto per le piante. Senza dimenticare inoltre il ruolo chiave

svolto dai batteri nel riciclo dei prodotti di decomposizione del suolo. Tutte queste attività sono al cuore dell'equilibrio di tutta la biosfera.

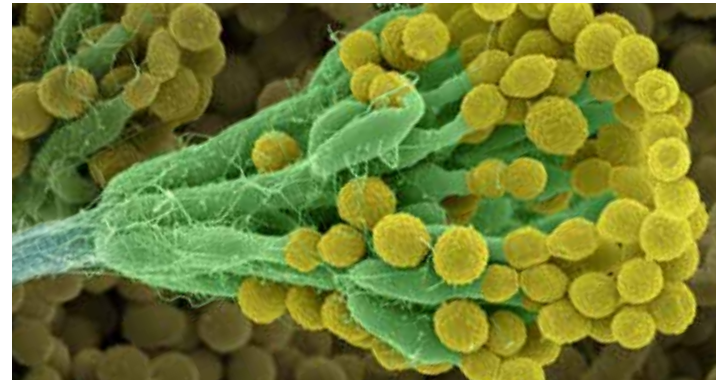
**MT** Pensate che alcuni batteri, chiamati cianobatteri, sono in grado di utilizzare l'energia del sole per il loro metabolismo, esattamente come fanno le piante!

### I funghi microscopici

**RP** L'insieme dei funghi microscopici comprende diverse forme di microorganismi come ad esempio le muffe o i lieviti. Fino a non molto tempo fa, i funghi venivano ufficialmente considerati dalla comunità scientifica come parte del regno dei vegetali. Tuttavia, in tempi recenti, i funghi sono stati considerati in quanto regno indipendente, più vicino al regno animale che a quello vegetale!

I funghi microscopici si nutrono assimilando gli elementi che trovano nel loro ambiente oppure degradando la materia morta, svolgendo di conseguenza un ruolo fondamentale per la decomposizione nei vari ecosistemi. Per potersi riprodurre, certi funghi producono una grande quantità di minuscole spore che sono generalmente trasportate dal vento il quale permette loro di disseminarsi nell'ambiente.

**MT** Così come i batteri, troviamo i funghi microscopici in tutti gli ambienti terrestri, acquatici e persino dentro lo stesso organismo umano come ad esempio nella bocca, nell'apparato digestivo o sulla pelle. Alcune specie sono patogene mentre altre, al contrario, sono di vitale importanza per l'essere umano. Per esempio, la muffa chiamata *Penicillium* produce il primo antibiotico che sia mai stato scoperto, la penicillina: una sco-



Il fungo *Penicillium notatum* ingrandito 600 volte al microscopio elettronico (colori artificiali).

(Copyright Dennis Kunkel Microscopy, Inc.)

perta rivoluzionaria per la medicina moderna che ha permesso di salvare milioni di vite. Certe muffe invece contribuiscono a imbandire le nostre tavole, aiutando a produrre formaggi come il Rochefort o il Gorgonzola, mentre altri sono essenziali per la produzione di birra e di pane... insomma, dei veri protagonisti della cucina!

**RP** I funghi giocano un ruolo molto importante anche in natura e nella biologia alpina, dove la grande maggioranza delle piante vive in simbiosi con particolari funghi: chiamiamo questa associazione micorrizza. In questo caso, l'interazione con le radici, migliora l'ancoraggio della pianta al suolo e ne aumenta la capacità di raccolta dei nutrienti grazie ad un incremento della superficie di scambio.

## Le alghe microscopiche

**RB** Le alghe sono dei vegetali che vivono principalmente negli ambienti acquatici e che possiedono la capacità di produrre materia organica a partire dall'energia solare grazie alla fotosintesi. Si tratta dello stesso tipo di fotosintesi che è svolta dalle piante e che porta l'ossigeno nell'atmosfera, contribuendo di conseguenza alla produzione di tutta la materia organica utilizzata dagli organismi viventi. Le micro-alghe sono presenti davvero dappertutto: negli oceani, nei laghi, negli stagni, ma anche nei luoghi umidi come le cortecce dei tronchi d'albero, il terreno e i solchi nelle pietre. Questi organismi vegetali di taglia microscopica costituiscono



*Cyclotella radiosa*, una diatomea (famiglia di alghe microscopiche) ingrandita 3'000 volte al microscopio elettronico (colori artificiali).

gran parte del fitoplancton che popola gli oceani e che è alla base della catena alimentare.

**RP** Nei paesi in via di sviluppo, le micro-alghe sono utilizzate come complemento alimentare per lottare contro la malnutrizione, mentre nei paesi industrializzati vengono utilizzate per la produzione di molecole terapeutiche, cosmetiche, biocarburanti oppure per il trattamento delle acque. Pensate che alcune micro-alghe sono estremamente sensibili agli agenti inquinanti e vengono perciò anche utilizzate come indicatori biologici.

## I licheni

**RP** I licheni sono il risultato di una simbiosi tra funghi ed organismi fotosintetici. Quest'ultimi sono generalmente alghe verdi microscopiche (nell'85-90% dei casi), più raramente dei cianobatteri. In questa simbiosi, l'attività di ciascun "partner" porta un vantaggio all'altro: il fungo è responsabile per l'ancoraggio al substrato offrendo un riparo ed un ambiente ottimale per il prelievo di sostanze nutritive come acqua e sali minerali. L'alga, a sua volta, fornisce nutrimento eseguendo il processo di fotosintesi.

La parte visibile del lichene è formata dal fungo, il quale può presentare diverse strutture. In base alla forma, distinguiamo principalmente i licheni crostosi, fogliosi e fruticosi. L'alga presente sotto la superficie del fungo, grazie alla sua colorazione verde (clorofilla), diventa visibile tagliando il lichene. Qualche volta basta inumidire la superficie del lichene per renderla visibile. Alcune alghe producono grandi quantità di pigmenti chiamati carotenoidi, che conferiscono ai licheni colorazioni che vanno dal giallo all'arancio.

I licheni sono organismi pionieri e possono resistere a condizioni ambientali estreme. Essi sono tra gli organismi che colonizzano per primi nuovi luoghi come, pietraie e zone liberate dai ghiacciai. Possono persino vivere per centinaia d'anni!

**RB** Sulle rocce esposte al sole o sui muri secchi il metabolismo dei licheni è ridotto al minimo, l'acqua, essenziale per la vita, manca. Le piante superiori in queste condizioni si sarebbero da tempo rinsecchite. Con la pioggia i licheni assorbono l'acqua e le alghe che si trovano nei licheni si rigenerano in pochi minuti per riprendere l'attività fotosintetica. Poiché il tessuto formato dai funghi può assorbire solo una quantità

limitata di acqua, il lichene al sole si secca di nuovo rapidamente. Questo spiega la crescita lenta di questi organismi, spesso limitata a una frazione di millimetro per anno.

**KB** Da circa 30 anni è nota la capacità dei licheni di fungere da bioindicatori. Essi sono infatti molto sensibili alle sostanze inquinanti che assorbono dall'aria. Sono innumerevoli gli studi eseguiti in merito, specialmente nelle aree urbane contaminate dai gas dei tubi di scarico.



Il lichene *Xanthoria elegans*.



### 3. Percorso didattico sui Microorganismi della Val Piora

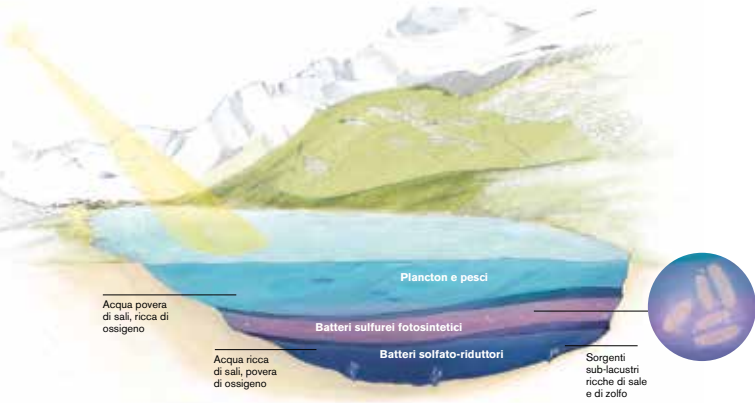
Il Centro Biologia Alpina



Lago di Cadagno

**RP** Oltre a contribuire ad un paesaggio di eccezionale bellezza, il Lago di Cadagno è da lungo tempo noto per essere un importante punto d'attrazione per la ricerca microbiologica nazionale ed internazionale

**MT** Per capire in che misura il Lago di Cadagno possa essere importante, bisogna prima di tutto comprendere il ruolo dei batteri nell'ambiente. La Terra, formatasi 4,5 miliardi di anni fa, è stata per lungo tempo povera d'ossigeno. Tra i 3,5 e i 3 miliardi di anni fa sono comparsi i primi organismi capaci di fare la fotosintesi, i cianobatteri. Questi microorganismi sono in grado di trasformare l'energia luminosa in materia organica e di produrre ossigeno come conseguenza di questa reazione. Grazie all'attività di questi batteri fotosintetici, l'ossigeno ha cominciato ad accumularsi nell'atmosfera attorno ai 2 miliardi di anni fa; ciò significa che per un periodo enorme gli unici organismi capaci di crescere in queste condizioni povere di ossigeno furono i microorganismi. Come conseguenza, la stragrande maggioranza della biodiversità attuale, circa il 99,5 %, è rappresentata da micro-organismi. Il Lago di Cadagno è un raro esempio di un fenome-



no naturale chiamato “meromissi crenogenica”, in cui due strati d’acqua si presentano sovrapposti senza mescolarsi mai. Lo strato inferiore si forma grazie all’acqua che, attraverso sorgenti sotto-lacustri, sgorga alla base del lago passando prima attraverso rocce di dolomia ed arricchendosi di sali. Come risultato di questo arricchimento, l’acqua diviene più densa e si stratifica sul fondo del lago. Questa fascia di acqua più densa, non entrando in contatto con la superficie del lago, resta anossica e cioè priva di ossigeno. Lo strato superiore invece, alimentato da acque superficiali provenienti da rocce granitiche, risulta povero di sali minerali disciolti. Questo gli permette di essere più “leggero” e di andare quindi a formare lo strato superiore in contatto con la superficie rimanendo di conseguenza ossigenato. A causa di questa particolare

stratificazione, studiare la sezione verticale del lago, è come “leggere” l’evoluzione della Terra dal basso verso l’alto, poiché ritroviamo sia i metabolismi anaerobici (che non utilizzano ossigeno) che quelli aerobici (che utilizzano ossigeno). Il Lago di Cadagno rappresenta dunque un modello con il quale interpretare l’evoluzione nel nostro pianeta e la sua importanza ne è una conseguenza diretta.

**RP** Il primo ricercatore che ha descritto il Lago di Cadagno nel 1906 fu Bourcart Felix-Ernest, che ha scritto testualmente “sarebbe molto interessante compiere degli studi approfonditi su questo lago così curioso”. Bourcart aveva infatti raccolto campioni del fondale e ne aveva constatato il colore scuro ed il persistente odore di zolfo. Inoltre aveva osservato già allora che le acque del fondale presentavano caratteristiche nettamente diverse dalle acque degli strati superiori! Si trattava di una tesi, condotta tra il 1903 e il 1906 e pubblicata a Ginevra, in cui si auspicava già allora un approfondimento sul tema.

**MT** Fortunatamente, la ricerca sperata da Bourcart si è in effetti sviluppata con particolare interesse verso un batterio fotosintetico chiamato *Chromatium okenii*. Si tratta di un batterio che trova le condizioni ideali per la sua crescita in una fascia situata tra i due strati del lago, nella regione anossica. Questa fascia si trova generalmente a 11-13 m di profondità ed ha uno spessore variabile nel corso dell’anno tra i 70 ed i 150 cm. Prelevando un campione d’acqua a quella precisa profondità si può vedere come questa abbia una colorazione purpurea! Questo fenomeno è dovuto ai pigmenti presenti all’interno dei batteri. Inoltre, è interessante notare il ruolo “ecologico” di

questa popolazione batterica che formando una fascia omogenea al di sopra dello strato anossico, previene la diffusione di un composto chimico dannoso, il solfuro d'idrogeno, negli strati superiori e quindi nell'ambiente. Non ci crederete, ma *Chromatium okenii* si nutre dei solfuri d'idrogeno e, metabolizzandoli, li distrugge!

**RP** Se osservate la superficie del lago, potete notare una piattaforma ormezzata nella zona centrale. I ricercatori che vengono al Centro Biologia Alpina utilizzano questa piattaforma per eseguire prelievi d'acqua che verranno poi utilizzati per le loro ricerche.

### L'edificio del laboratorio

**RP** Sulle pareti esterne del laboratorio, si può facilmente osservare il lichene *Xanthoria elegans*, lichene comunemente noto come lichene "elegante" grazie al suo colore rosso-arancione ben visibile.

Questo lichene cresce in particolare su rocce calcaree e silicee vicino ad aree abitate da uccelli. Infatti, si tratta di una specie che ha bisogno di azoto per svilupparsi e troviamo questo elemento in quantità abbondante proprio nelle feci degli uccelli.

Il suo colore rosso-arancione è dovuto alla presenza dei pigmenti presenti nelle alghe che formano i licheni e che si chiamano carotenoidi. Essi sono analoghi a quelli che troviamo nelle carote o nei pomodori e sono d'aiuto nell'assorbimento della luce per la fotosintesi. Inoltre, i carotenoidi proteggono gli organismi dalle radiazioni UV che si riscontrano in montagna.

A causa del suo colore, *Xanthoria elegans* fa un po' pensare alla ruggine. Un giorno, infatti, una ditta di



Il lichene *Xanthoria elegans* sui muri degli edifici del Centro Biologia Alpina.

pulizia che stava appunto lavorando durante i lavori di ristrutturazione al Centro di Piora, mi ha telefonato per avvisarmi che intendevano ripulire tutto il muro! Per fortuna ho potuto bloccare l'iniziativa.

**RB** Ci sono anche altri microorganismi che possono essere osservati nei dintorni del Centro. Ad esempio *Haematococcus pluvialis* è solitamente visibile dentro l'abbeveratoio di legno vicino al Centro e la sua presenza balza subito agli occhi a causa del suo intenso colore rosso. Si tratta di un'alga il cui particolare colore è legato alla forte presenza di un pigmento biologico chiamato *astaxantina*. La sua apparizione è legata a diversi fattori che variano dalla quantità di luce, alla presenza di certi nutrienti fino alle condizioni atmosferiche.



Intenso sviluppo dell'alga rossa microscopica *Haematococcus pluvialis* dopo una giornata di pioggia.

In generale si può osservare in seguito a giornate di pioggia, da qui il suo nome evocativo di “pioggia sanguigna” legato anche al suo colore rosso intenso. È interessante notare che a livello industriale vengono allestite colture su larga scala di questo microorganismo per isolare il suo pigmento rosso ed utilizzarlo per fabbricare farmaci antiossidanti.

## Il caseificio

**MT** Aggirandosi nei pressi del Centro si può notare il caseificio dove viene prodotto il famoso formaggio d'alpe locale, il “Piora”. Pensate che ci sono ben 250 mucche che ogni estate vengono portate qui in alta quota a foraggiarsi in più di 1000 ettari di pascoli produttivi. Grazie al loro latte, ogni anno si producono in media 3000 forme di un formaggio caratterizzato da un piacevole retrogusto aromatico. Tale fenomeno è dovuto anche alla presenza di svariate erbe aromatiche nei pascoli delle mucche le quali, mangiandole, ne trasmettono le qualità al loro stesso latte. Tra queste erbe vale la pena citare l'erba mutarina (*Ligusticum mutellina*), il trepide dorato (*Crepis aurea*) e vari tipi di trifoglio alpino (*Trifolium alpinum*).



Forma del famoso formaggio Piora. Ogni anno circa 3'000 forme sono prodotte nella Valle.



**RP** Certo, le erbe aromatiche come la “mutarina” (in dialetto di Airolo) o conosciuta anche come “herbe à beurre” in francese, sono importanti, ma forse non tutti sanno quanto sia importante soprattutto il ruolo dei microorganismi per la produzione del formaggio! Alcuni dei più noti “protagonisti” in questo processo sono: il *Lactococcus lactis*, lo *Streptococcus thermophilus* ed il *Lactobacillus helveticus*. La loro azione è particolarmente evidente nella primissima fase della lavorazione del latte da formaggio, ossia nella fermentazione che porta all'acidificazione del latte. Nei formaggi prodotti a partire da latte crudo (come è il caso del nostro “Piora”), sono gli stessi batteri che provengono dalla mucca a causarne la fermentazione. Se invece il latte viene pastorizzato (processo che elimina la maggior parte dei microorganismi presenti), si devono aggiungere artificialmente dei batteri lattici che ne completino la fermentazione.

## Partendo dal Centro di Biologia Alpina

**MT** Partendo verso altri punti del percorso, guardate bene ai lati del cammino al fine di individuare dei raggruppamenti di piccoli fiori gialli. Su questa pianta a fiore, chiamata *Euphorbia cyparissias*, possiamo notare un'altra manifestazione microbiologica molto interessante, sotto forma di piccoli puntini neri sotto le foglie. Si tratta delle spore di un fungo microscopico in grado di colonizzare la pianta senza ucciderla. Mantenere la pianta in vita, conferisce dei vantaggi a questo fungo parassita. In effetti, rimanendo in vita, la pianta permette al parassita di proliferare e gli dona anche tutto il tempo necessario per colonizzare altre piante.

**RP** Il fungo in questione si chiama *Uromyces pisi* ed osservando attentamente, si coglie a colpo d'occhio la differenza tra l'*Euphorbia cyparissias* non parassitata e quella parassitata. Nel primo caso si hanno infatti delle piante fertili che hanno sviluppato il fiore, mentre in quella parassitata non si osservano fiori ed il fusto è lungo due o tre volte quello normale. Tale differenza è causata dal fungo il quale impedisce all'ormone di crescita di degradarsi. La pianta continuerà quindi a ricevere l'indicazione di crescere (causata dall'ormone), e non si dedicherà più allo sviluppo del fiore divenendo così sterile. L'esempio permette di evidenziare la differenza fondamentale in biologia tra sviluppo e crescita. In termini di vantaggio evolutivo, *Uromyces*, durante la sua stessa evoluzione, deve avere mantenuto la capacità di causare l'allungamento del fusto molto probabilmente grazie al vantaggio ottenuto dal fatto di essere su di una pianta che svetta sulle altre. Infatti, da una posizione più elevata le sue spore possono essere trasportate più lontano dai vari fattori ambientali (vento, animali ecc).



Spore del fungo parassita *Uromyces pisi* sotto le foglie di un esemplare di *Euphorbia cyparissias*.

**RB** Per studiare l'effetto di questo parassita, utilizzando una tecnica che misura l'attività biologica delle piante (misurazione della fluorescenza), possiamo dimostrare che, nelle piante sane, tutte le foglie dal basso verso l'alto hanno un'attività fotosintetica elevata e regolare. Nelle piante parassitate, solo le foglie giovani nella parte superiore sono attive, mentre, le foglie più vecchie in basso, sono compromesse.

**MT** È importante precisare che la maggior parte dei microorganismi non presenta un'attività ostile nei confronti dell'ambiente o dell'essere umano stesso! Al contrario, la loro presenza è essenziale per garantire l'equilibrio degli ecosistemi.

**RP** Esattamente! Qui di seguito possiamo osservare un altro buon esempio. Partendo dal Centro Biologia Alpina, se scendiamo in direzione della torbiera

di Cadagno di Fuori, possiamo osservare una collina che fiancheggia la riva sinistra del fiume Murinascia. Il versante esposto a nord della collina è un terreno estremamente povero di azoto, un elemento chimico essenziale per tutti gli essere viventi. Per le piante, l'unico modo per ottenerlo è assorbirlo per mezzo delle radici. Tale limite ha promosso localmente lo sviluppo di un bell'esempio di simbiosi tra le piante di questa collina e dei batteri capaci di fissare l'azoto atmosferico. Tale capacità risulta essere piuttosto importante, in quanto l'azoto è inutilizzabile nella sua forma originale, ma la sua fissazione (e cioè la sua trasformazione in un composto biologicamente accessibile) lo rende disponibile per le necessità vitali della pianta. Uno di questi batteri si chiama *Frankia alni* ed è molto presente sul versante esposto a nord. Questo microorganismo è in grado di colonizzare le radici delle giovani piante di ontano causando la formazione di strutture globulari lungo tutta la loro lunghezza. All'interno di queste



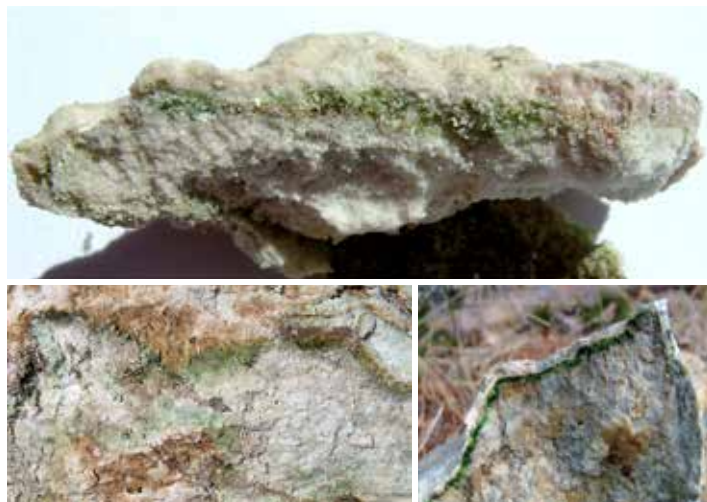
Noduli (piccole sfere di colore chiaro) formati da batteri fissatori d'azoto, sotto le radici di un giovane ontano.

piccole sfere, *Frankia* crea il suo perfetto ambiente per crescere e replicarsi senza che la pianta sia troppo disturbata da questa “colonizzazione”, anzi! La presenza di *Frankia* sulle radici porta a una notevole fissazione dell’azoto atmosferico il quale, una volta fissato, viene assimilato ed utilizzato dalla pianta stessa. È quindi facile comprendere il motivo per il quale essa acconsente a questa piccola “invasione”, traendone di fatto un vero vantaggio.

### La Val Fripp



**RB** A nord degli edifici del Centro Biologia Alpina, andando verso Cadagno di Dentro, possiamo osservare sulla destra un piccolo avvallamento a forma di U che corrisponde all’antico letto del fiume Murinascia. Sul versante più ripido possiamo notare delle rocce dal colore chiaro affioranti sulla superficie. Questo tipo di roccia, caratterizzata da una composizione porosa (una struttura simile a quella delle spugne) si chiama dolomia e la sua struttura permette lo sviluppo di un altro interessante esempio di microbiologia locale. Si tratta di batteri endolitici, microorganismi unicellulari, in grado di proliferare a pochi millimetri sotto la superficie rocciosa all’interno delle porosità della dolomia. Questi particolari batteri, come ad esempio *Lep- tolyngbya*, *Nostoc* e *Gloeobacter*, ottengono nutrimento grazie alla loro capacità di fare fotosintesi (parliamo infatti di cianobatteri) e grazie all’acqua che penetra nelle micro-cavità della roccia. Sono queste stesse micro-cavità inoltre che permettono alla luce solare di penetrare pochi millimetri sotto la superficie e di consentire quindi il processo di fotosintesi. Le sostanze prodotte da questi organismi fotosintetici fungono



Tre esempi di comunità endolitiche; una sezione della superficie permette di osservare lo strato verde caratteristico.

da nutrienti per numerosi altri tipi di batteri che si trovano ugualmente sulla roccia.

La loro posizione poco sotto la superficie, rappresenta la capacità di questi organismi di scovare le condizioni “perfette” per la loro replicazione. Se fossero qualche millimetro più in profondità la luce non riuscirebbe a raggiungerli, impedendone il processo di fotosintesi. Se al contrario fossero completamente esposti ai raggi solari, sopra la superficie, la quantità di raggi solari, unita alle alte temperature, causerebbe il disseccamento dell’ambiente circostante impedendone la replicazione. Di conseguenza, per sopravvivere sulla roccia, questi

cianobatteri secernono attorno di essi un materiale gelatinoso zuccherino (chiamati esopolisaccaridi), che permette loro di mantenere l'acqua ed i nutrienti nell'ambiente circostante. Per poter osservare direttamente questi microorganismi, è necessario grattare leggermente la superficie della dolomia che essendo particolarmente friabile, rivelerà subito un caratteristico strato verde. Tale colore è dovuto ai cianobatteri, i quali contengono pigmenti verdi come la clorofilla. Inoltre, alghe verdi microscopiche possono ugualmente essere presenti, come altri organismi unicellulari, creando un vero piccolo mondo vivente autonomo.

Tuttavia, è possibile intuire la localizzazione di altri cianobatteri senza dover raschiare la roccia, come ad esempio altre specie che vivono sulla superficie e che secernono delle sostanze contenenti pigmenti neri. Tali sostanze agiscono come una "crema solare" ed hanno come conseguenza la formazione di uno strato scuro visibile su queste pietre normalmente chiare.



Dopo aver grattato la superficie della roccia, si possono osservare i cianobatteri e le alghe verdi microscopiche che si trovano nello strato endolitico.

**KP** La roccia, così come la neve sono ecosistemi particolarmente interessanti per studiare i microorganismi che vivono in condizioni limite. Ad esempio, le rocce che costituiscono l'habitat per dei microorganismi endolitici possono raggiungere temperature prossime ai 50 °C durante il giorno, mentre la notte la temperatura può raggiungere il punto di congelamento. Molti altri microorganismi, nelle medesime condizioni, non riuscirebbero a sopravvivere e questo fa sì che questi organismi siano classificati come organismi "amanti delle condizioni estreme" e quindi definiti estremofili!

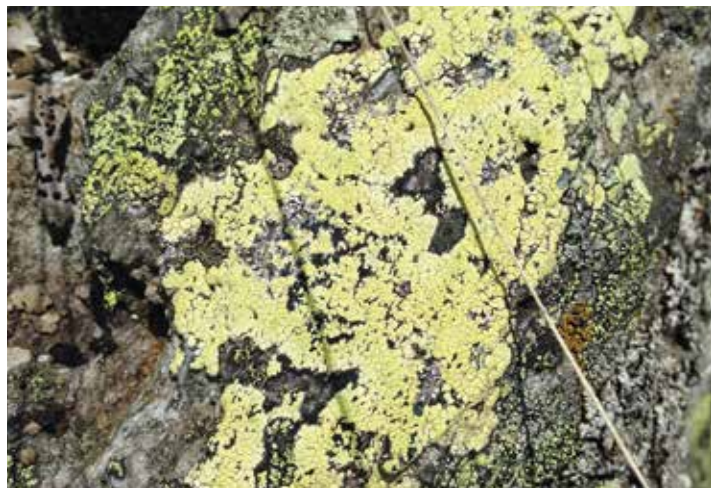
### Cadagno di Dentro

**KP** In tempi non troppo remoti, sul territorio erano presenti diverse costruzioni dove si metteva il fieno che veniva falciato, conservandolo quale foraggio per gli animali. Mi ricordo che a quei tempi, durante l'inverno



Cascina d'alpeggio di Cadagno di Dentro ricoperta di licheni

il fieno veniva slittato a valle (Altanca) attraversando il Lago Ritom gelato! Ora ne sono rimaste solo tre di queste costruzioni, mentre prima del '51 erano circa una ventina. Il motivo di questa drastica riduzione è legato alle condizioni straordinarie dell'inverno del '51, quando, a causa di intense nevicate, si sono verificate numerose valanghe che hanno abbattuto la maggior parte di queste costruzioni. Poco tempo fa, in una di queste cascine, è stata ritrovata una rete da pesca e una fiocina chiamata "froschna". Questo a dimostrazione che le popolazioni locali avevano compreso già da tempo l'importanza del pesce per la loro alimentazione... un fatto raro per delle popolazioni di montagna!



Il lichene *Rhizocarpon geographicum*.

**MT** Sui grandi massi nei dintorni e sui tetti delle costruzioni ancora presenti, si può osservare il *Rhizocarpon geographicum*, un lichene crostoso dal colore verde-giallognolo. Da un punto di vista etimologico, il termine *geographicum* si riferisce all'aspetto del lichene che ricorda le vecchie cartine geografiche. La parte nera visibile sul bordo del tallo (il corpo principale e vegetativo del lichene) prende il nome di protallo ed è il fungo che cresce alla conquista del territorio, inizialmente solo. L'alga in simbiosi lo "seguirà" appena la struttura sarà pronta per accoglierla. È importante ricordare che è la presenza dell'alga che dà al tallo il tipico colore verde.

**RP** Ma quando è stato costruito questo piccolo villaggio? Grazie ai licheni che colonizzano i tetti, in particolare *Rhizocarpon geographicum*, è possibile fare una stima approssimativa dell'età del villaggio attraverso il metodo di misura chiamato "lichenometria".

Dopo circa 25 anni, il diametro delle colonie comincia ad aumentare linearmente. Il tasso di crescita dipende dalle condizioni locali. Esse non sono note in modo esatto per Piora, ma il tasso di crescita non dovrebbe discostarsi molto da un quarto di millimetro all'anno. Se si osserva un lichene con un diametro massimo di circa 2,5 cm, dovrebbe quindi corrispondere ad un'età di circa 100 anni. Colonie di queste dimensioni possono essere facilmente osservate sulle rocce vicino alle cascate nella zona di franamento. Sui tetti di queste costruzioni, il diametro dei licheni non può più essere misurato: infatti, le colonie s'incontrano e si sovrappongono; questo significa che la crescita è iniziata ben prima della metà del XIX secolo!



Le torbiere di Cadagno di Fuori sono una zona protetta a livello federale. Dei magnifici colori sono visibili, di cui alcuni sono legati all'attività dei microrganismi.

## Cadagno di Fuori



**MT** La torbiera a ovest del piccolo villaggio di Cadagno, è un fantastico esempio di come la colonizzazione batterica possa avvenire in situazioni estreme, tali sono quelle che ritroviamo in questa regione umida. In questo particolare ambiente, la presenza di sorgenti d'acqua ricca in solfati e la materia organica nella torbiera, favoriscono lo sviluppo di tappeti batterici stratificati, dove diverse popolazioni di microrganismi si sovrappongono l'una all'altra. Tale fenomeno è simile a quello riscontrabile nelle acque del Lago di Cadagno, seppure in scala minore.



Sezione di un tappeto batterico che contiene diversi strati di microorganismi. Tra questi, delle diatomee (alghie microscopiche), dei cianobatteri purpurei e dei batteri solfato-riduttori.

In questi tappeti batterici possiamo osservare uno strato superiore marrone composto di alcuni particolari microorganismi chiamati diatomee. Le diatomee fanno parte del gruppo delle alghe e sono caratterizzate da microstrutture cellulari affascinanti che ricordano elaborati cristalli. Il loro caratteristico colore marroncino è legato alla presenza dei carotenoidi: un pigmento utilizzato da questo microorganismo per proteggersi dall'eccesso di radiazioni luminose. Subito sotto lo strato di diatomee, troviamo uno strato di cianobatteri verdi seguiti da batteri purpurei, batteri in grado di fare fotosintesi sfruttando la luce solare. Grazie a particolari strumenti di laboratorio è possibile misurare l'ossigeno nei vari strati in profondità e quindi monitorare l'attività fotosintetica dei microorganismi presenti. In alcuni casi, questi batteri fotosintetici purpurei si possono osservare direttamente sulla superficie come un omogeneo strato purpureo. Proseguendo verso il basso, l'ultimo strato del tappe-

to batterico è costituito da batteri solfato-riduttori. Quest'ultimi utilizzano il solfato per il loro metabolismo e producendo solfuri come prodotto finale. I solfuri risalgono poi in superficie e, una volta a contatto con l'aria, si trasformano in zolfo solido il quale diviene visibile come depositi biancastri e giallastri.

**RP** Sul posto sono visibili anche diverse bollicine che vengono in superficie di tanto in tanto sprigionando un forte e caratteristico odore. Si tratta difatti di bollicine di metano prodotte da microorganismi chiamati metanogeni. Tali organismi si trovano frequentemente nei sedimenti e nei terreni dove è in corso una decomposizione organica. È interessante notare che i microorganismi metanogeni sono presenti anche nei sistemi digestivi dei ruminanti ed è grazie a loro se le mucche sono in grado di digerire la materia vegetale!

**RB** Sulla superficie dell'acqua, si possono anche osservare delle chiazze oleose composte da un batterio chiamato *Nevskia ramosa*. Tale batterio si presenta in questa maniera grazie alla sua capacità di formare delle comunità idrofobiche (e cioè che sono incapaci di mescolarsi con l'acqua) a forma di rosetta sull'interfaccia tra acqua ed aria. Per potersi riprodurre, *Nevskia* ha bisogno di sostanze azotate che non sono presenti nelle acque della torbiera. Essa sta quindi in superficie in modo tale da procurarsi le sostanze azotate dall'aria stessa. Così facendo, però, si espone drasticamente ai raggi UV, capaci di danneggiarne il DNA e causando come conseguenza la morte del batterio. Tuttavia, *Nevskia ramosa* è caratterizzata da un particolare sistema di riparazione del DNA che permette a questo organismo di esporsi per lunghi periodi di

tempo ai raggi UV senza che la sua esistenza sia messa in pericolo. Così come i batteri endolitici, dei quali abbiamo parlato precedentemente, anche in questo caso si tratta di un microorganismo capace di vivere in condizioni estreme (sovraesposizione ai raggi UV), entrando di diritto nel gruppo dei microorganismi estremofili!



Pellicola oleosa formata da colonie batteriche di *Nevskia ramosa* sulla superficie dell'acqua.

## 4. Arrivederci Piora!

**RP** Eccoci giunti alla fine di questa nostra piccola avventura! Come speriamo che abbiate potuto costatare voi stessi, il mondo dei microorganismi è presente tutto intorno a noi e non sono necessari microscopi o incredibili strumenti di laboratorio per scoprirne le tracce. Basta aprire gli occhi e guardarsi intorno per capire quanto la presenza fondamentale di batteri, licheni o altri microorganismi permetta al meraviglioso ambiente della Val Piora di esistere e di evolvere!

**RB** Le numerose scoperte che ci attendono, ci permetteranno di identificare ancora nuove specie e di comprendere meglio la relazione tra ambiente e microorganismi. Stiamo solo cominciando a grattare la superficie di un mondo nascosto! Tale lavoro sarà realizzato più facilmente se le future generazioni svilupperanno un maggiore interesse per il mondo dei microorganismi e per la natura che li circonda.

**MT** Speriamo di rivedervi qui in questa bellissima valle e non dimenticate che nel mondo nascosto che ci circonda esistono incredibili scoperte in attesa di chi sa bene dove guardare!



## 5. Informazioni utili

**Accesso alla Val Piora, orari e prezzo della funicolare, attività nella regione:**

Funicolare Ritom SA  
T +41 (0)91 868 31 51  
info@ritom.ch  
www.ritom.ch

**Attività del Centro Biologia Alpina della Fondazione Piora, link per scaricare l'opuscolo, data delle giornate "porte aperte" per il pubblico, informazioni generali:**

Fondazione  
Centro Biologia Alpina  
www.cadagno.ch

**Informazioni ed attività per gli insegnanti, link per scaricare l'opuscolo del percorso:**

[www.bioutils.ch/ticino](http://www.bioutils.ch/ticino)

Importante: non vi è copertura di rete per i dispositivi mobili a partire dalla diga del Ritom.

**Rifugio e ristoranti per mangiare, dormire e per procurarsi l'opuscolo del percorso:**

Capanna Cadagno  
T +41 (0)91 868 13 23  
info@capannacadagno.ch  
www.capannacadagno.ch

Canvetto Cadagno  
T +41 (0) 91 868 16 47  
info@canvettocadagno.ch  
www.canvettocadagno.ch

Rifugio Ristorante Lago Ritom  
T +41 (0)91 868 14 24  
contact@lagoritom.ch  
www.lagoritom.ch

Apertura durante l'estate, da fine maggio a metà ottobre (secondo le condizioni meteo)

**Altre escursioni ed attività turistiche nella regione:**

[www.bellinzonese-altoticino.ch](http://www.bellinzonese-altoticino.ch)  
[www.ticino.ch](http://www.ticino.ch)

## 6. Referenze

**Per saperne di più sulla microbiologia della Val Piora:**

Bachofen R., Brandl H. (2007)  
*Val Piora – ein mikrobiologischer Feldführer.*  
Dans Peduzzi R., Tonolla M. et Boucher-Rodoni R.,  
Milieux alpins et changement global.  
Documento Centro Biologia Alpina 4/Vol. 1 : 73-97.

Peduzzi R., Bachofen R e Tonolla M. (1998).  
*Lake Cadagno: a meromictic alpine lake.*  
Documenta Ist. Ital. Idrobiol. 63, 152 pp.

Nel link [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch) (cfr. area documenti) è inserita la serie 6 volumi "Documenta Centro Biologia Alpina Piora"

**Per saperne in più sull'ambiente naturale della Val Piora, sulla fauna, sulla flora, l'ecologia e la geologia della regione:**

Peduzzi R., Wildi W. (2015)  
*Piora-Lago di Cadagno –Ritóm: Guida natura e ambiente.*

**Link per scaricarla nelle 4 lingue:**

[www.cadagno.ch/](http://www.cadagno.ch/)  
[www.unige.ch/forel/fr/services/guide/piora/](http://www.unige.ch/forel/fr/services/guide/piora/)

## Gruppo promotore del progetto:

Massimo Caine,  
Aurélia Weber  
(Università di Ginevra)

Raffaele Peduzzi  
(Fondazione Centro  
Biologia Alpina, Piora)

Mauro Tonolla  
(SUPSI, Fondazione  
Centro Biologia Alpina e  
Università di Ginevra)

Reinhard Bachofen  
(Università di Zurigo)

Cristina Frago-Corti  
(SUPSI)

Patrick Linder,  
Karl Perron  
(Università di Ginevra)

## Ringraziamenti:

Giovanni Pellegrini  
(Ideatorio, USI)

Daniele Sartori  
(Ufficio dell'insegnamento  
medio superiore  
del Cantone Ticino)

Patrick Viollier  
(Università di Ginevra)

## Progetto di comunicazione e design:

Andrea Delucchi,  
Giancarlo Gianocca,  
Luca Morici e  
Giovanni Occhiuzzi  
(SUPSI, Laboratorio  
cultura visiva)



La Val Piora è una delle valli più spettacolari in tutto il Ticino, celebre per la sua ricca biodiversità e per i suoi numerosi laghi. Da oltre 200 anni turisti e scienziati hanno visitato e studiato la valle, unica nel suo genere, approfittando di questo contesto eccezionale. Al fine di poterla preservare, è importante conoscere e proteggere le comunità che vivono in essa, così come l'ambiente in cui si evolvono.

