



PIANTE E ARTROPODI DEGLI AMBIENTI GLACIALI E PERIGLACIALI

Coordinamento editoriale:

Roberta Cucchi, Parco delle Orobie bergamasche

Grafica:

LO Studio srl

Testi:

Mauro Gobbiⁱ, Paolo Pantiniⁱⁱ, Marco Caccianigaⁱⁱⁱ, Duccio Tampucciⁱⁱⁱ

⁽ⁱ⁾ MUSE-Museo delle Scienze di Trento, Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia

⁽ⁱⁱ⁾ Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo, Sezione di Zoologia degli Invertebrati

⁽ⁱⁱⁱ⁾ Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Bioscienze

Fotografie:

Mauro Gobbi, Marco Caccianiga, Duccio Tampucci e Paolo Pantini

In copertina:

Fioritura di *Saxifraga oppositifolia* ai piedi del Ghiacciaio del Trobio (Valbondione)

foto di **Marco Caccianiga**

Stampa:

Litotipografia Alcione - Lavis (TN), Dicembre 2017

ISBN 978-88-906196-2-5

© 2017 Parco delle Orobie bergamasche

La riproduzione è vietata

Il Parco delle Orobie bergamasche conserva un importante capitale naturale essendo uno dei territori a più elevata biodiversità a livello regionale, nazionale ed europeo.

Un immenso tesoro di flora e fauna che ogni giorno ci riserva tantissime sorprese e a cui abbiamo dedicato numerose ricerche. Negli ultimi anni, in particolare, il Parco è stato sostenitore di un progetto intitolato "L'unicità delle geomorfologie glaciali e periglaciali del Parco Regionale Orobie bergamasche quali aree di rifugio per specie endemiche del piano nivale" coordinato dal MUSE-Museo delle Scienze di Trento in collaborazione con l'Università degli Studi di Milano. Il progetto di ricerca è partito da uno studio multidisciplinare volto ad analizzare la presenza e la distribuzione di alcune specie target vegetali e di artropodi d'alta quota e endemiche orobiche, in relazione alla presenza di ghiacciai, glacionevati e rock glacier. Una ricerca sugli ambienti glaciali e periglaciali che ci ha davvero appassionati, tanto da diventare protagonista di questo opuscolo. Uno strumento conoscitivo pensato per fornire utili informazioni a tutti gli appassionati delle nostre montagne sulle caratteristiche degli organismi che vivono in alta quota, aumentando la sensibilità e la consapevolezza nei confronti di due temi estremamente attuali: il riscaldamento globale e la perdita di biodiversità. Questioni che meritano tutta la nostra attenzione!

Yvan Caccia

Presidente Parco delle Orobie bergamasche

Cuore della mission del MUSE-Museo delle Scienze di Trento è quella di "interpretare la natura, a partire dal paesaggio montano, con gli occhi, gli strumenti e le domande della ricerca scientifica". La collaborazione triennale del MUSE con il Parco delle Orobie bergamasche è germinata proprio con la volontà di contribuire a documentare la biodiversità degli ambienti glaciali e periglaciali delle Alpi Orobie. Solo attraverso la conoscenza delle specie che vivono in questi habitat estremi è possibile interpretare gli effetti che i cambiamenti climatici stanno avendo sulla biodiversità e di conseguenza attuare le strategie di monitoraggio e conservazione più adeguate.

All'intensa attività di ricerca compiuta in questi anni, all'interno del territorio del Parco, e alle numerose pubblicazioni scientifiche già prodotte dagli autori, si affianca questo volume divulgativo che valorizza gli ambienti glaciali e periglaciali attraverso la flora e la fauna ad essi associata.

Sono convinto che questo lavoro sarà di interesse non solo per i naturalisti, ma anche per tutti gli escursionisti e alpinisti che frequentano con passione le alte quote e che fino ad oggi non conoscevano la biodiversità di tali ambienti.

Michele Lanzinger

Direttore del MUSE-Museo delle Scienze

Indice

INTRODUZIONE

Gli ambienti glaciali	5
Gli ambienti periglaciali	8
L'importanza biogeografica delle Orobie per piante e artropodi	10
Le aree di rifugio nel presente periodo interglaciale	11

FLORA E FAUNA DEGLI AMBIENTI GLACIALI E PERIGLACIALI

Ghiacciai, glacionevati e nevai	13
Rock glacier attivi ed estinti	23
Ghiaioni	26

QUALE FUTURO PER LA FLORA E LA FAUNA D'ALTA QUOTA DELLE OROBIE?

	29
--	----

Bibliografia	30
--------------------	----

INTRODUZIONE

Gli ambienti glaciali

Il paesaggio glaciale è quello legato ai ghiacciai e alla loro dinamica. I ghiacciai sono masse di ghiaccio che si formano laddove le condizioni climatiche consentono alla neve accumulata in inverno di superare l'estate, trasformandosi col tempo in ghiaccio.

L'estensione dei ghiacciai è sempre variata in risposta ai cambiamenti del cli-

ma, con avanzamenti durante i periodi freddi e arretramenti durante quelli caldi (**Fig. 1**). Queste dinamiche hanno avuto a loro volta notevoli ripercussioni sul paesaggio circostante: quando un ghiacciaio avanza spinge davanti a sé grandi quantità di detrito ammassandole in imponenti morene, quando invece arretra libera davanti a sé estese piane proglaciali lasciando le morene a testimoniare

▼ Fig. 1 - Confronto storico (1990 vs 2016) relativo l'estensione dei ghiacciai nella conca del Trobio



la posizione della sua massima estensione. Il paesaggio glaciale che deriva da questi processi, costituito da ghiacciai, morene e piane proglaciali, è uno dei più emblematici delle nostre Alpi, nonché un importante habitat per specie vegetali e animali d'alta quota.

Nel 1967 il geografo Giuseppe Nangeroni classificò la dorsale orobica come catena "alpina" a tutti gli effetti proprio in ragione della presenza di ghiacciai, contrapponendola all'antistante zona "prealpina" non glacializzata. Secondo i più recenti censimenti, le Alpi Orobie contano ad oggi 44 ghiacciai per una superficie totale di circa 1.8 km², dalle piccole masse di ghiaccio che occupano i più inaccessibili recessi dei versanti, fino agli 0.2 km² del Ghiacciaio del Lupo, il più esteso della catena. I ghiacciai orobici sono concentrati soprattutto sui versanti valtellinesi esposti a nord, dove

giovano dei microclimi più freddi, umidi e ombreggiati. La maggior parte di essi si trova nel settore centro-orientale della catena (indicativamente tra il Monte Aga e il Monte Torena), dove l'orografia è più aspra, le quote sono più elevate e il paesaggio in generale assume sembianze prettamente alpine.

Una delle caratteristiche più interessanti dei ghiacciai orobici è la loro distribuzione altitudinale, che si estende dalla quota massima di circa 2.900 m (ghiacciai di Scais e Porola) alla quota minima di soli 2.030 m (ghiacciai di Marovin e Salto), valore record per le Alpi Lombarde. Le ragioni di questa distribuzione altitudinale relativamente bassa vanno cercate nei fattori climatici e geomorfologici caratteristici delle Alpi Orobie. In primo luogo, la catena orobica è caratterizzata da abbondanti nevicate che assicurano una buona alimentazione dei ghiacciai

▼ Fig. 2 - Ghiacciaio del Trobio, estate 2016



durante l'inverno. In secondo luogo, le pareti strapiombanti e i profondi canali caratteristici dei rilievi orobici garantiscono un buon ombreggiamento durante l'estate, in grado di limitare lo scioglimento della neve accumulata in inverno anche a quote piuttosto basse. Recenti studi dimostrano come la stessa combinazione di fattori climatici e geomorfologici consente ai ghiacciai anche di resistere molto più a lungo di quanto si credesse, tanto da sfidare i rigori dei cambiamenti climatici in atto.

Nonostante queste condizioni climatiche e geomorfologiche trovino la loro massima espressione sui versanti valtellinesi delle Alpi Orobie, alcuni ghiacciai persistono anche sui versanti meridionali della catena, entro i confini del Parco Regionale delle Orobie bergamasche. Alcuni di essi, come il Ghiacciaio del Trobio (o Ghiacciaio del Gleno) (**Fig. 2**) hanno mo-

strato un comportamento simile a quello di tutti gli altri ghiacciai alpini, subendo un drastico arretramento a partire dalla seconda metà del XIX Secolo in risposta al riscaldamento climatico. Durante la Piccola Età Glaciale (periodo freddo compreso indicativamente tra il 1550 e il 1850, che corrisponde alla massima estensione dei ghiacciai in età storica) il Ghiacciaio del Trobio superava in estensione anche i ghiacciai valtellinesi di Scais, Porola, Marovin e Lupo, detenendo il primato di ghiacciaio più grande dell'intera catena orobica. Tuttavia si stima che negli ultimi 150 anni esso sia arretrato di circa 1.2 km e abbia perso circa il 70% della sua superficie, fino a frammentarsi in tre piccole placche ormai in gran parte coperte da detrito. Ciò che resta dinnanzi a queste placche è ora una vasta piana proglaciale delimitata dalle imponenti morene risalenti alla Piccola Età Glaciale.

D'altro canto sulle Alpi Orobie bergamasche vi sono anche ghiacciai dai caratteri più tipicamente "orobici", che sembrano resistere più tenacemente al riscaldamento climatico in corso. È il caso ad esempio dei piccoli ghiacciai e glacionevati incastonati nei contrafforti del Pizzo Recastello, del Pizzo di Coca (**Fig. 3**) e del Pizzo di Redorta, masse di ghiaccio che sono arretrate ben poco negli ultimi 150 anni, restando ancora molto vicini ai loro sistemi morenici della Piccola Età Glaciale. Da ricordare poi il caratteristico glacionevato del Pizzo del Diavolo di Tenda Ovest, attualmente l'unico afferrante al bacino della Val Brembana.

▼ Fig. 3 - Glacionevati del Pizzo Coca



Gli ambienti periglaciali

Il paesaggio periglaciale è quello legato al "permafrost", suolo perennemente gelato a causa delle basse temperature che persistono per gran parte dell'anno. Una delle più emblematiche manifestazioni di permafrost in ambiente alpino sono i cosiddetti "rock glacier", masse di detriti grossolani e grandi blocchi rocciosi cementati tra loro da una matrice di ghiaccio interstiziale. I rock glacier passano spesso inosservati agli occhi degli escursionisti, poiché a prima vista si possono confondere con dei comuni ghiaioni. Tuttavia, osservando attenta-

mente un panorama o una foto aerea, queste forme del paesaggio si distinguono nettamente dai ghiaioni circostanti per i loro margini rilevati, la loro forma lobata e i vistosi corrugamenti incisi sulla loro superficie. Questi tratti distintivi dei rock glacier sono dovuti proprio alla presenza del ghiaccio al loro interno, che si deforma sotto il suo stesso peso conferendo all'intera struttura un lento flusso verso valle.

La genesi dei rock glacier richiede condizioni climatiche ben determinate: oc-

▼ Fig. 4 - Rock glacier della Val Morta



corrono non solo temperature dell'aria molto basse per gran parte dell'anno, ma anche un limitato accumulo di neve al suolo durante l'inverno. Un'eccessiva copertura nevosa, infatti, isolerebbe il suolo dalla fredda aria invernale, mantenendolo a una temperatura costante di circa 0 °C, troppo alta perché tra i detriti possa accrescersi del ghiaccio interstiziale. Al contrario, una scarsa copertura nevosa consente al suolo di restare in contatto con la fredda aria invernale e di raggiungere così le temperature inferiori a 0 °C necessarie per l'accrescimento del ghiaccio interstiziale. Condizioni climatiche di questo tipo sono diffuse soprattutto nelle catene montuose interne delle Alpi (come le Alpi Retiche). L'alta nevosità delle Alpi Orobie invece, se da un lato favorisce la presenza di numerosi ghiacciai, dall'altro ostacola la presenza dei rock glacier.

I pochi rock glacier attivi delle Alpi Orobie alloggiato solo in alcuni dei più freddi e ombreggiati avvallamenti esposti a nord, indicativamente tra 2.400 e 2.700 m di quota, dove persistono localmente le condizioni climatiche a loro idonee. Tra i rock glacier attivi sulle Alpi Orobie ricordiamo quelli del Reguzzo in Val d'Agrigna, del Pizzo Cavrel in Val Morta (**Fig. 4**) e del Pizzo Tornello (**Fig. 5**) nella Valle del Gleno, ma esistono anche molte altre forme meno evidenti con caratteristiche intermedie tra quelle del ghiaccio e quelle del rock glacier, proprio a testimoniare come le Alpi Orobie siano un'area-limite per lo sviluppo di queste forme del paesaggio.

Come i ghiacciai, anche i rock glacier hanno subito notevoli variazioni in risposta alle variazioni del clima, diffondendosi durante i periodi freddi ed

▼ Fig. 5 - Rock glacier del Pizzo Tornello



estinguendosi durante quelli caldi. A questo proposito, è interessante notare che a quota inferiore rispetto a quella dei rock glacier attualmente attivi sulle Alpi Orobie (circa 400 m più in basso), persiste una fascia di antichi rock glacier non più attivi, vestigia di periodi freddi del passato (verosimilmente il periodo Tardiglaciale, risalente a circa 10.000 anni fa). Nonostante questi rock glacier "reliitti" siano ormai privi di ghiaccio interstiziale da millenni e in gran parte celati dalla vegetazione arborea e arbustiva, conservano ancora la forma tipi-

camente rilevata, lobata e corrugata che avevano un tempo. Il riscaldamento climatico in atto e l'alta nevosità delle Alpi Orobie suggeriscono che in quest'area le forme del paesaggio periglaciale siano destinate ad estinguersi prima ancora che in altre zone delle Alpi. Alcuni studi dimostrano tuttavia che la copertura detritica tende a proteggere il ghiaccio dalla fusione conferendo ai rock glacier una notevole inerzia termica rispetto alle variazioni climatiche, tanto che i loro tempi di risposta potrebbero essere molto più lunghi di quanto si creda.

L'importanza biogeografica delle Orobie per piante e artropodi

La catena alpina è una regione ad altissima biodiversità nel panorama italiano, europeo e globale grazie alla sua grande variabilità di ambienti legata alle quote, alle differenti rocce che costituiscono il substrato, alla variabilità del clima e alla sua complessa storia.

All'interno delle Alpi, le Alpi Orobie costituiscono un territorio di grandissima importanza e sono ai primi posti per ricchezza di flora e fauna, a dispetto della loro posizione periferica e della loro altitudine relativamente modesta se comparata coi grandi massicci centroalpini. Questa straordinaria ricchezza è dovuta proprio alla loro posizione, che nei periodi storici passati ha favorito lo sviluppo di

una grande diversità biologica. In particolare, durante le glaciazioni le Alpi Orobie non erano completamente coperte da ghiaccio, ma presentavano ampie aree che emergevano dalla superficie glaciale come grandi isole. Queste aree hanno consentito la sopravvivenza di specie altrove scomparse, e anche la formazione di specie nuove grazie al loro isolamento dalle "isole" vicine.

Terminate le glaciazioni, il successivo riscaldamento climatico ha portato le foreste a raggiungere quote elevate, fino a toccare in più punti lo spartiacque orobico grazie alla sua quota relativamente bassa. Il bosco ha quindi svolto un ruolo analogo a quello del ghiaccio, isolando le

specie d'alta quota in aree di rifugio più o meno ristrette.

L'insieme di questi fenomeni ha permesso una differenziazione della flora e della fauna orobiche, che presentano una straordinaria quantità di specie endemiche, ovvero esclusive della catena orobica o di ristrette parti di essa.

L'attuale fase di riscaldamento climatico sta di nuovo rendendo molte aree della catena inospitali per le specie legate ai climi freddi. Le quote relativamente mo-

deste delle Alpi Orobie non permettono a molte di queste specie di salire in quota per sfuggire al riscaldamento estremamente rapido che stiamo vivendo; la presenza di aree di rifugio idonee è cruciale per evitare l'estinzione di molte preziose specie animali e vegetali.

Le Orobie sono quindi un importante laboratorio per verificare "in diretta" quanto avverrà sull'intera catena alpina nei prossimi decenni se l'attuale tendenza al riscaldamento dovesse continuare.

Le aree di rifugio nel presente periodo interglaciale

I rifugi sono aree in cui le piante e gli animali, soprattutto artropodi, sono sopravvissuti e possono sopravvivere durante periodi particolarmente lunghi (secoli o millenni) in cui persistono condizioni climatiche e ambientali sfavorevoli. Queste aree fungono da bacino in cui le specie trovano rifugio, ma allo stesso tempo sono una sorgente di specie pronte alla ricolonizzazione nel momento in cui le condizioni ambientali, esterne al rifugio, tornano idonee per la loro sopravvivenza.

Durante i periodi freddi (fasi glaciali), per esempio, le catene montuose le cui vette emergevano dai ghiacciai (nunatakker) funsero da rifugi. Le popolazioni

di piante e artropodi presente su alcune di queste catene rimasero quindi isolate tra di loro portando alla formazione di numerosi specie endemiche. L'attuale distribuzione di tali specie è quindi legata a quella che avevano i ghiacciai, in particolare, durante l'ultimo massimo glaciale (10-25 mila anni fa).

Studi recenti hanno però dimostrato che il termine rifugio può essere utilizzato anche per i periodi caldi (fasi interglaciali). È il caso, ad esempio, di alcune forme del paesaggio alpino caratterizzate dalla presenza di ghiaccio (come ghiacciai, glacionevati e rock glacier), che si ipotizza possano agire da rifugi per le specie di ambienti freddi, grazie alle loro ca-

ratteristiche microclimatiche e alla loro inerzia termica, ovvero una reazione più lenta nei confronti del riscaldamento climatico.

La necessità di comprendere le dinamiche in atto nelle popolazioni e comunità sia vegetali che animali microterme, ovvero che vivono in ambienti freddi, ha assunto un ruolo prioritario a seguito dei cambiamenti climatici in atto. Tali cambiamenti che stanno determinando la veloce scomparsa, o riduzione, degli ambienti idonei per la sopravvivenza di specie che necessitano microhabitat freddi e umidi. In questo quadro, assumono sempre più importanza i rifugi interglaciali, siti che mantengono condizioni ecologiche favorevoli alle specie d'alta quota in un contesto climatico a loro avverso.

L'identificazione dei potenziali rifugi interglaciali per la sopravvivenza delle specie d'alta quota è prioritario dal punto di vista conservazionistico proprio alla luce dell'attuale fase di riscaldamento

climatico, soprattutto sulle catene alpine periferiche, di altitudine relativamente modesta e ricche di specie endemiche, come le Alpi Orobie.

Se l'azione di rifugio svolta dalle Orobie durante le glaciazioni è ormai assodata e ritenuta giustamente una delle cause principali della ricchezza floristica e faunistica di questa catena, l'individuazione e la caratterizzazione floristica e faunistica dei rifugi interglaciali non sono mai state altrettanto indagate. È in questo contesto di emergenza ambientale che è stato avviato, nel 2014, il progetto intitolato "L'unicità delle geomorfologie glaciali e periglaciali del Parco delle Orobie bergamasche quali aree di rifugio per specie endemiche del piano nivale".

Il progetto di ricerca ha posto le sue basi su uno studio multidisciplinare volto ad analizzare la presenza e distribuzione di alcune specie target vegetali e di artropodi (con particolare riferimento a coleotteri e ragni) endemiche orobiche e d'alta quota, in relazione alla presenza di ghiacciai, glacionevati e rock glacier.

FLORA E FAUNA DEGLI AMBIENTI GLACIALI E PERIGLACIALI

Ghiacciai, glacionevati e nevai

Le immediate vicinanze degli ambienti nivali e glaciali sembrano a prima vista luoghi privi di vita e in particolare di copertura vegetale, e danno all'osservatore distratto l'impressione di sterili pietraie. Tuttavia chi passa nella stagione giusta non può non osservare fioriture anche molto vistose fino alle immediate vicinanze delle masse di neve o ghiaccio. Questa occhiata superficiale ci indica già alcune delle caratteristiche più tipiche della vita vegetale in questi ambienti estremi: la bassissima densità delle piante, spesso sparse a grande distanza tra loro, e la loro vistosa fioritura, che contrasta con la taglia spesso modesta.

Le caratteristiche della vita vegetale negli ambienti nivali e proglaciali rispecchiano gli adattamenti che le piante devono sviluppare per fronteggiare le caratteristiche ambientali estreme di questi ambienti. Le basse temperature e la lunga permanenza della neve accorciano la stagione vegetativa, che dura talvolta poche settimane e in annate particolarmente nevose può saltare del tutto. Le piante devono quindi sviluppare il loro ciclo vitale rapidamente ed efficacemente, ma ciò non è faci-

le per via delle basse temperature, che scendono sottozero anche d'estate, e della scarsità di nutrienti che si trovano nei suoli poco sviluppati o addirittura praticamente inesistenti. Quest'ultimo carattere è particolarmente esasperato sulle piane proglaciali recenti, dove oltre all'ambiente estremo pesa il ridotto tempo a disposizione per lo sviluppo del suolo dopo il ritiro glaciale. La breve stagione vegetativa e la grande distanza tra le singole piante rende anche difficile l'impollinazione. Per questo una consistente parte delle riserve energetiche faticosamente costruite viene impiegata a costruire vistosi fiori, apparentemente inutili alla sopravvivenza della pianta ma fondamentali per la perpetuazione della specie, che attraggono efficacemente i pochi insetti impollinatori.

La scarsità di suolo fa sì che sulle piante abbia un'influenza determinante la natura della roccia madre, con cui le radici delle piante sono praticamente a contatto. Sulle Alpi Orobic ghiacciai e nevai si trovano nella porzione più elevata della catena, costituita da diversi tipi di rocce accomunate dal chimismo non carbonatico. Tra queste, le rocce facenti

capo alla Formazione di Collio, che affiorano nel settore più alto della catena orobica, sono particolarmente favorevoli alla vita delle piante: esse sono infatti facili a sfaldarsi e ricche di ioni basici che consentono la vita a specie che normalmente troviamo solo sulle rocce calcaree. Ricordiamo tra queste il papavero alpino (*Papaver rhaeticum*), *Thlaspi rotundifolium* e altre specie che colonizzano la piana proglaciale del Ghiacciaio del Trobio (**Fig. 6**), che a dispetto dell'ambiente severo è quindi un luogo di straordinaria ricchezza floristica.

Ghiacciai, glacionevati e nevai hanno in comune molte caratteristiche, come i severi fattori ambientali citati, ma anche molte differenze. Le piane proglaciali in particolare sono caratterizzate

dalla diversa età del terreno, via via più giovane man mano che ci si avvicina al ghiacciaio in ritiro. Per questo motivo, percorrere una piana proglaciale allontanandosi dalla fronte è come viaggiare nel tempo, osservando ambienti esposti da tempi sempre più lunghi, fino ad arrivare alle morene della Piccola Età Glaciale deposte quasi 200 anni fa e ormai colonizzate da una vegetazione quasi continua.

Le prime specie che colonizzano un terreno abbandonato da un ghiacciaio sono in grado di insediarsi dopo pochi anni, e le troviamo in prossimità della fronte: *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga oppositifolia* (**Fig. 7**), *Saxifraga aizoides* colorano con i loro fiori le zone più inospitali. Col procedere del tempo queste specie

▼ Fig. 6 - Piana proglaciale del Ghiacciaio del Trobio



sono affiancate da altre più esigenti, che richiedono una maggior stabilità del substrato e un po' di sostanza organica nel suolo. Tra queste le prime graminoidi, dall'aspetto di "erba", come *Poa alpina* e leguminose come *Trifolium pallescens* che contribuiscono ad arricchire il suolo di azoto.

Glacionevati e nevai non subiscono le stesse variazioni di superficie, e non hanno quindi una vera e propria piana proglaciale. Con la loro presenza, ghiaccio e neve rendono però particolarmente freddi e umidi i loro dintorni, e sono quindi circondati da specie adattate al freddo che prosperano nelle loro immediate vicinanze, come *Androsace alpina* e *Ranunculus glacialis* (Fig. 8).

▼ Fig. 7 - *Saxifraga oppositifolia* sulla piana proglaciale del ghiacciaio del Trobio



▼ Fig. 8 - *Ranunculus glacialis*





▲ Fig. 9 - Glacionevato del Monte Costone

Grazie all'esposizione e alla morfologia, nevai e glacionevati possono persistere anche a altitudini relativamente basse con il loro contorno di piante d'alta quota; è quello che accade ad esempio sui glacionevati del Pizzo Coca, del Pizzo Recastello, del Monte Costone (**Fig. 9**) e del Pizzo del Diavolo della Malgina (**Fig. 10**).

Durante l'attraversata di un apparato glaciale, un glacionevato o un nevaio Orobico può capitare di osservare sulla

loro superficie, o rifugiarsi ai loro margini, alcuni insetti e ragni. La ricchezza di specie di questi ambienti è molto ridotta poiché solo poche specie sono in grado di sopravvivere in questi habitat. Tali ambienti possono essere definiti estremi a causa dell'alta quota, del forte irraggiamento (soprattutto dei raggi ultravioletti), dell'ampia escursione termica tra notte e giorno (anche più di venti gradi) e tra estate e inverno (più di trenta gradi), del forte vento, della piovosità accentuata, della duratura copertura



▲ Fig. 10 - Glacionevato del Lago della Malgina

nevosa e della cibo carente, irregolare nell'arco del giorno e presente per un breve periodo dell'anno.

Ci troviamo quindi davanti a organismi straordinariamente adattati a vivere in questi ambienti tanto selettivi quanto isolati, delicati ed effimeri. Per poter sopravvivere a tali condizioni gli artropodi hanno sviluppato una serie di adattamenti che sono: uno sviluppo larvale veloce, ridotte dimensioni corporee, assenza di ali, colorazione scura e tal-

volta metallica del corpo, resistenza alle basse temperature, tendenza a vivere in mezzo al detrito roccioso e preferenza per gli ambienti umidi. Tali adattamenti sono comuni alla maggior parte degli artropodi Alpini d'alta quota, compresi quelli Orobici. Ma di cosa si alimentano questi organismi? La copertura di vegetazione è estremamente bassa quindi non favorisce la presenza di specie che si cibano di piante (specie fitofaghe); curiosamente, le specie di artropodi che vivono ai margini dei ghiacciai e dei

VIOLA COMOLLIA

(Violaceae)

Viola comollia (Fig 11) è una specie che al grande interesse scientifico e conservazionistico unisce un grande pregio estetico che ne fa in qualche modo la bandiera della preziosa flora orobica. Descritta nel 1834 da Giuseppe Filippo Massara e dedicata all'illustre botanico Giuseppe Comolli, è una specie endemica della catena orobica, dove è presente principalmente nel settore centro-orientale sia sul versante bergamasco (Val Brembana orientale, Val Seriana e Val di Scalve) che su quello valtellinese (dalla Val d'Arigna alla Val Belviso). La specie si ritrova poi in una stazione isolata sul Monte Legnone, a oltre 30 km dalla stazione più vicina. Le cause per questa distribuzione così ristretta e particolare sono attualmente oggetto di studio.

Viola comollia cresce su ghiaioni, morene e altri substrati incoerenti, compresa la superficie dei rock glacier, su substrato siliceo (Habitat 8110 nel-



Fig. 11 - *Viola comollia* sul Pizzo del Diavolo della Malgina

la Direttiva Habitat dell'Unione Europea); pianta legata alle alte quote, si ritrova generalmente tra i 2.200 e i 3.000 m di quota, con occasionali discese al quote inferiori (come nella piana del Barbellino).

Viola comollia è stata recentemente valutata come specie "quasi a rischio" (near threatened) secondo i criteri dell'Unione Internazionale per la Conservazione della

Natura. Il principale fattore di rischio per la sua sopravvivenza è rappresentato dal riscaldamento climatico, che ne limita gli habitat idonei a quote sempre maggiori riducendone lo spazio di sopravvivenza. Per questo motivo *Viola comollia* ben testimonia l'importanza di ambienti di rifugio dove possa sopravvivere alle condizioni climatiche sempre meno favorevoli.

nevai, ad esclusione dei collemboli che si alimentano di alghe e resti vegetali, sono predatrici. Se prendiamo in considerazione i macro-organismi che vivono stabilmente a livello del terreno, all'apice della catena ci sono i ragni e a seguire i coleotteri, in particolare quelli appartenenti alla famiglia dei carabidi, mentre nelle aree più calde si aggiungono i centopiedi (chilopodi). Le prede principali e più abbondanti per questi organismi sono i collemboli e i ditteri chironomidi, in aggiunta ad altri piccoli insetti che

vengono trasportati dalle correnti ventose ascensionali.

Tra i ragni, le specie più frequenti rinvenute ai margini dei ghiacciai, glacionevati e nevai Orobici sono il salticida *Sittilong longipes* (**Fig. 12**) che si osserva facilmente mentre compie brevi balzi orizzontali tra un sasso e l'altro e il linifide *Mughiphantes pulcher* che tesse piccole tele irregolari a livello del suolo. Tra i coleotteri, la famiglia meglio rappresentata è quella dei carabidi; in particolare

▼ Fig. 12 - Ragno salticida *Sittilong longipes*





▲ Fig. 13 - Glacionevato del Pizzo Recastello

▼ Fig. 15 - Coleottero carabide *Oreonebria lombarda*

le fronti glaciali, come quella del Trobio, e i glacionevati meglio conservati come quello del Pizzo Recastello (Fig. 13), quello del Lago della Malgina e quello del Diavolo di Tenda (Fig. 14) ospitano la specie endemica *Oreonebria soror tresignore*, specie che viene sostituita dal carabide *Oreonebria lombarda* (Fig. 15) nei siti climaticamente un po' meno estremi. Proprio negli habitat meno estremi, in cui ghiacciai e glacionevati si sono trasformati in nevai abbiamo una comunità di artropodi rappresentata dal carabide *Oreonebria lombarda*, dal ragno licoside *Acantholycosa pedestris* e l'agelenide *Colotes pickardi tirolensis* (Fig. 16). Tra i chilopodi la specie più frequente è *Lithobius lucifugus*. Come per le piante, le aree di recente abbandono glaciale vengono colonizzate nel tempo da comunità di ragni e coleotteri carabidi che divengono par-





▲ Fig. 14 - Glacionevato del Diavolo di Tenda

◀ Fig. 16 - Ragnò agelenide *Coelotes pickardi tirolensis*

▼ Fig. 17 - Coleottero carabide *Carabus castanopterus*

ticolarmente ricche di specie nei siti deglacializzati a partire dalla fine della Piccola Età Glaciale. Questo incremento della biodiversità è dovuto alle condizioni ambientali più favorevoli, a partire dalla maggiore disponibilità trofica. Le specie che caratterizzano tali comunità non sono pioniere come quelle che vivono ai margini dei ghiacciai, ma tipiche di ambienti maturi e stabili come il carabide *Carabus castanopterus* (Fig. 17).

OREONEBRIA SOROR TRESIGNORE

(Coleoptera: Carabidae)

Il coleottero carabide *Oreonebria soror tresignore* (Fig. 18) è una delle tante specie endemiche delle Orobie di estremo interesse naturalistico, biogeografico e soprattutto conservazionistico.

Questa specie è stata scoperta nel 2013 e descritta da Szallies e Huber nel 2014. I descrittori indicarono che la specie era steno-endemica del Pizzo dei Tre Signori poiché rinvenuta unicamente nella Valle dell'Inferno alla quota di 2.200 m slm su falde di detrito (esposte a NE) con nevai.

Le attività di ricerca svolte dal 2014 al 2016 dagli autori di questo volume hanno dimostrato che la specie frequenta tutta la porzione del crinale Orobico Bergamasco dal Pizzo dei Tre Signori al Monte Trobio. La sua distribuzione è però puntiforme con popolazioni abbondanti unicamente nei siti che presentano ghiacciai,

glacionevati, rock glacier attivi e falde di detrito, con prolungato innevamento, localizzati a quote comprese tra i 2.200 metri e i 2.700 metri slm. Queste morfologie rientrano in due tipologie di habitat importanti, dal punto di vista conservazionistico, per l'Unione Europea: Habitat 8110 - Ghiacciai silicei dei piani montano fino a nivale (*Androsacetalia alpinae* e *Galeopsietalia ladani*) e Habitat 8340 - Ghiacciai permanenti.

Le popolazioni più abbondanti sono state osservate entro i primi 50 cm dal margine dei ghiacciai e glacionevati, superata questa soglia non sono stati più osservati esemplari. Il suolo in cui vive presenta detrito fine molto scuro, fango glaciale e povertà di sostanza organica. I sensori di temperatura posizionati in alcuni siti

▼ Fig. 18 - Coleottero carabide *Oreonebria soror tresignore*



di rinvenimento della specie hanno registrato una temperatura media annuale di 0,5°C, questo permette di definire con certezza *O. s. tresignore* quale specie legata ad ambienti particolarmente freddi. La sua presenza è associata a quella di tre piante altrettanto legate ad ambienti freddi: *Achillea nana*, *Androsace alpina* e *Ranunculus glacialis*. La presenza di questa specie nelle immediate vicinanze delle masse glaciali o degli accumuli nevosi permanenti lega in modo indissolubile la sua sorte a quella di questi ambienti,

spesso estremamente ridotti e prossimi alla scomparsa. È da presumere pertanto che sia avvenuta una drastica riduzione delle popolazioni di tale specie nel corso degli ultimi decenni, parallelamente alla scomparsa di numerosi piccoli ghiacciai, glacionevati e nevai semipermanenti. Si può considerare questa specie una sorta di "sentinella" che ci permette di verificare gli effetti dei cambiamenti climatici; il monitoraggio e lo studio della densità di popolazione consentirà di valutarne il rischio di estinzione.

Rock glacier attivi ed estinti

I rock glacier rappresentano una vera e propria sfida per la vita vegetale: alle basse temperature determinate dal ghiaccio si unisce l'instabilità del detrito e il movimento dell'intera massa, si verificano così insieme le difficoltà dei ghiacciai e dei ghiaioni. Per questo mo-

tivo la copertura vegetale di un rock glacier attivo è molto scarsa, e rappresentata dalle specie più adattate al freddo e all'instabilità. Il rock glacier attivo della Val Morta (**Fig. 19**) è caratterizzato dalla presenza dell'endemica *Viola comollii* accanto a specie amanti del freddo

▼ Fig. 19 - Rock glacier attivo della Val Morta



come *Androsace alpina* (Fig 20) e specie dei substrati instabili come *Linaria alpina* (Fig 21).

Con la scomparsa del ghiaccio, il rock glacier, ormai relitto, viene via via colonizzato da specie più esigenti e meno legate agli ambienti estremi. L'antico rock glacier del Pizzo Camino (Fig. 22) è ormai colonizzato da larici che crescono su una rigogliosa prateria a *Carex firma* e *Sesleria coerulea*, tipica dei rilievi carbonatici, in cui prospera tra le altre l'endemica *Primula glaucescens* (Fig. 23).

In ambienti ormai deglacializzati, in cui le praterie d'alta quota colonizzano quote via via più elevate, la presenza di rock glacier attivi è l'ultima opportunità di rifugio e quindi sopravvivenza per la specie di artropodi di ambienti freddi. Tali specie, grazie alla discreta dimensione dei massi che caratterizzano i rock glacier, colonizzano la profondità del detrito dove la presenza

▼ Fig. 20 - *Androsace alpina*



▲ Fig. 21 - *Linaria alpina*

▼ Fig. 22 - Lobo inferiore, in parte vegetato, del rock glacier relitto del Pizzo Camino



▼ Fig. 23 - Prateria sul rock glacier relitto del Pizzo Camino, con la fioritura di *Primula glaucescens*▲ Fig. 25 - Coleottero carabide *Abax arerae*◀ Fig. 24 - Coleottero carabide *Oreonebria soror tresignore*

di ghiaccio assicura temperature medie inferiori gli zero gradi per tutto l'anno. Il maestoso rock glacier della Val Morta, per esempio, presenta comunità di artropodi simili a quelle che si rinvencono in aree ancora glacializzate tra cui il ragno licoside *Acantholycosa pedestris*, l'agelenide *Coelotes pickardi tirolensis* e i coleotteri carabidi *Oreonebria soror tresignore* (Fig. 24) e *Oreonebria lombarda*.

La caratteristica principale dei rock glacier inattivi è invece quella di ospitare

una comunità di artropodi più simile a quella dei ghiaioni a meno che il rock glacier, come per esempio quello del Pizzo Camino, si trovi a quote particolarmente basse da essere colonizzato anche da vegetazione arborea. In questo caso diventano dominanti le specie di ambienti stabili e maturi degli ambienti forestali sottostanti tra cui il ragno cibeide *Cybaeus minor*, il licoside *Pardosa blanda* e i coleotteri carabidi *Amara alpestris*, *Pterostichus multipunctatus* e l'endemita *Abax arerae* (Fig 25).

Ghiaioni

I ghiaioni fanno parte di quelle forme del paesaggio che non passano inosservate all'escursionista poiché sono dominanti in ambienti di media e alta quota. Le Alpi Orobie ne sono ricche e ne possiamo trovare sia su substrato carbonatico che cristallino (**Fig. 26**).

L'ambiente di ghiaione aggiunge per le piante ulteriori difficoltà rispetto a quelle legate alla quota. I ghiaioni sono instabili, soggetti a continui movimenti dovuti alla gravità; inoltre hanno suolo scarso o del tutto assente, e non sono in grado di trattenere efficacemente l'umidità che si perde tra il materiale grossolano. Per questo motivo la flora dei ghiaioni varia qualitativamente e quantitativamente in funzione del loro grado di stabilizzazione

e della percentuale di frazione fine contenuta nel suolo. Gli ambienti più instabili sono colonizzati da specie in grado di sopportare il disturbo meccanico mediante apparati radicali profondi in grado di ancorarsi in profondità o, viceversa, fusti striscianti con radici poco profonde, capaci di radicare nuovamente se strappati o smossi dal movimento del substrato. Tra queste specie ricordiamo *Geum reptans*, (**Fig. 27**) dai vistosi fusti striscianti (stoloni), l'endemica *Viola comollia*, *Cardamine resedifolia*, *Linaria alpina*; su roccia carbonatica o comunque ricca in basi, le specie di ghiaione instabile annoverano *Thlaspi rotundifolium* (**Fig. 28**), *Saxifraga caesia* e il giallo papavero alpino, *Papaver rhaeticum* (**Fig. 29**). La stabilizzazione dei ghiaioni av-

▼ Fig. 26 - Ghiaioni del Lago Rotondo



Fig. 27 - *Geum reptans*Fig. 28 - *Thlaspi rotundifolium* sui ghiaioni del Monte GlenoFig. 29 - *Papaver rhaeticum* su ghiaione carbonaticoFig. 30 - *Dryas octopetala*

viene ad opera di specie in grado di formare delle "isole" relativamente tranquille, dove la sostanza organica si accumula e specie via via più esigenti possono insediarsi. Su substrato siliceo queste "isole" sono formate da specie graminoidi come *Luzula alpino-pilosa* e *Poa alpina*, mentre la specie consolidatrice per eccellenza dei ghiaioni carbonatici è *Dryas octopetala* (Fig 30), accompagnata dai solidi cespi di *Carex firma*.

Oltre alla stabilità e alla natura della roccia anche la quota determina differenze nella flora dei ghiaioni. Sebbene prevalentemente legati alle quote più alte, i ghiaioni possono spingersi sotto al limite del bosco; in questo caso il ruolo di "consolidatori" può spettare a specie legnose come il ginepro (*Juniperus nana*), il pino mugo (*Pinus mugo*) su substrati basici o, nelle zone più umide e ombrose, l'ontano verde (*Alnus viridis*).

I ghiaioni sono habitat abbastanza inospitali per gli artropodi che vivono a livello del terreno poiché generalmente molto acclivi, instabili, con detrito incoerente e povertà di suolo e di umidità. La maggior parte delle specie si concentra nei pochi punti in cui cresce la vegetazione poiché la sua presenza assicura umidità e risorse alimentari. La vegetazione quindi rappresenta una sorta di "isola" dove soprattutto coleotteri e ragni possono trovare prede o possono rifugiarsi durante le ore più calde o i periodi più siccitosi. Tali isole di vegetazione, pur essendo sempre dominate da specie predatrici, iniziano ad ospitare anche specie che si nutrono di radici o materiale vegetale in decomposizione. I ghiaioni esposti a sud presentano comunità di insetti abbastanza differenti da

quelli esposti a nord che, al contrario dei primi, hanno temperature medie più basse e umidità un po' più alta. Tratteremo comunque le specie comuni ai ghiaioni su entrambi i versanti.

In generale possiamo affermare che non ci sono specie esclusive dei ghiaioni, come invece accade negli ambienti glaciali e periglaciali; le specie presenti abitano anche gli habitat contigui ai ghiaioni quali per esempio le praterie. Tra le specie più frequenti di ragni possiamo incontrare il ragno licoside *Acantholycosa pedestris*, l'agelenide *Coelotes pickardi tirolensis*, e lo gnafoside *Drassodex heeri* (**Fig. 31**), queste ultime due specie, assolutamente innocue per l'essere umano, hanno dimensioni abbastanza marcate. Anche i centopiedi appartenenti al genere *Lithobius* (tra cui *Lithobius tricuspis* e *L. pellicensis*) sono frequenti nelle porzioni di ghiaione alla base delle pareti rocciose, luoghi in cui il detrito roccioso è più fine e si concentra umidità e sostanza organica. Tra i coleotteri, la famiglia dei carabidi è dominante. L'assenza di ghiaccio limita la sopravvivenza di specie adattate ad ambienti freddi e umidi come quelle appartenenti al genere *Oreonebria*, che invece troviamo dominanti sui rock glacier e ai margini dei ghiacciai Orobici. Nei ghiaioni, soprattutto quelli carbonatici, come per esempio quelli maestosi del Pizzo Camino (**Fig. 32**), l'abbondanza di chiocciole appartenenti al genere *Chilostoma* ha effetto positivo sull'abbondanza di uno dei suoi predatori, il carabide *Cychnus cylindricollis* (**Fig. 33**), specie di estremo pregio naturalistico (presenta un forte adattamento morfologico del corpo tale da renderlo predatore specializzato di chiocciole) e conservazionistico (endemita prealpino a distribuzione estremamente localizzata, soprattutto nei ghiaioni più freschi



Fig. 31 - Ragno gnafoside *Drassodex heeri*



Fig. 32 - Ghiaioni del Pizzo Camino



Fig. 33 - Coleottero carabide *Cychnus cylindricollis*

e con innevamento duraturo). I ghiaioni orobici sono inoltre l'ambiente di elezione di altri due carabidi endemiti prealpini: *Pterostichus lombardus* che popola princi-

palmente i ghiaioni d'alta quota e *Abax arerae* che è particolarmente abbondante nei ghiaioni posti ai margini delle aree forestate.

QUALE FUTURO PER LA FLORA E LA FAUNA D'ALTA QUOTA DELLE OROBIE?

Le conoscenze relative agli ambienti d'alta quota e la biodiversità ad essi associata sono ancora frammentarie, soprattutto per quanto riguarda la fauna invertebrata. Per questo motivo non si conoscono bene gli effetti che stanno avendo i cambiamenti climatici sulla distribuzione e diversità delle specie.

Grazie agli studi compiuti nel Parco delle Orobie bergamasche, è stato possibile ottenere un primo quadro della biodiversità e delle caratteristiche ecologiche degli ambienti d'alta quota, con particolare riferimento a quelli glaciali e periglaciali.

Gli adattamenti morfologici e fisiologici delle piante e degli artropodi che vivono in questi ambienti estremi sono la loro principale forza per sopravvivere, ma allo stesso tempo rappresentano i punti di vulnerabilità di questi organismi nei confronti dei cambiamenti climatici. In aggiunta, molte delle specie d'alta quota presenti nel Parco delle Orobie bergamasche sono endemiche, quindi di estremo valore naturalistico: la loro estinzione locale comporta anche la loro totale scom-

parsa. Come nel resto della catena Alpina, anche le specie di piante e artropodi legate agli ambienti glaciali e periglaciali orobici d'alta quota stanno rischiando l'estinzione poiché la loro presenza è legata al quella degli ambienti in cui vivono.

In accordo con i trend già osservati per le catene interne delle Alpi potremo quindi assistere all'estinzione di alcune specie, alla salita verso quote più alte di altre, all'adattamento di alcune. Ma è anche vero che le Alpi Orobie offrono due caratteristiche che non in tutte le altre zone delle Alpi interne sono contemporaneamente soddisfatte: un elevato innevamento invernale e la presenza di aree di rifugio (soprattutto ghiacciai e glacionevati) presso cui sta persistendo un microclima freddo e umido. Grazie a queste due peculiarità le Orobie, pur avendo cime moderatamente elevate e pur essendo una catena alpina periferica, riescono ancora ad assicurare la sopravvivenza, seppur con popolazioni puntiformi, di piante e artropodi d'alta quota, endemici e legati ad ambienti freddi.

Ringraziamenti

Gli autori di questo volume desiderano rivolgere un particolare ringraziamento ai rifugi del Parco, in particolare il Rifugio Antonio Curò, per aver fornito un confortevole e amichevole punto di appoggio per le ricerche. Si ringraziano il centro Flora Alpina Bergamasca e i seguenti musei: il Museo Civico di Storia Naturale di Milano, il Museo Civico di Scienze Naturali di Bergamo, il Museo Civico di Storia Naturale di Morbegno e il Museo di Scienze Naturali di Brescia, per aver fornito importanti dati di distribuzione per alcune specie. Un ultimo ringraziamento va a Marzio Zapparoli (Università degli Studi della Tuscia) per la determinazione delle specie di Chilopodi, a Michael Bernasconi, Erika Cabrini, Ilaria Alice Muzzolon, Matteo Ruzzon (studenti dell'Università degli Studi di Milano), Sara Pivetti (studentessa dell'Università di Modena e Reggio Emilia), Chiara Maffioletti (MUSE-Museo delle Scienze) e Federico Mangili (Università degli Studi di Milano) per aver collaborato all'attività di campo svolta a supporto della raccolta dei dati. Si ringrazia Gabriele Motta per aver donato la foto di *Carabus castanopterus*.

Bibliografia consultata

Gobbi M., Tampucci D. e Caccianiga M. (2015) L'unicità delle geomorfologie glaciali e periglaciali del Parco Regionale Orobie bergamasche quali aree di rifugio per specie endemiche del piano nivale. Relazione di attività per il Parco delle Orobie bergamasche, anno 2015, 20 pp.

Gobbi M., Tampucci D. e Caccianiga M. (2016) L'unicità delle geomorfologie glaciali e periglaciali del Parco Regionale Orobie bergamasche quali aree di rifugio per specie endemiche del piano nivale. Relazione di attività per il Parco delle Orobie bergamasche, anno 2016, 26 pp.

Pivetti S., Tampucci D., Caccianiga M., Compostella C. e Gobbi M. (2016) Carabidofauna (Coleoptera: Carabidae) di un rock glacier in una catena Alpina periferica (Alpi Orobie, Bergamo). Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 40: 3-9.

Scotti R., Brardinoni F., Alberti S., Frattini P. e Crosta G.B. (2013) A regional inventory of active rock glaciers and protalus ramparts in the central Italian Alps. *Geomorphology*, 186: 136–149.

Scotti R., Brardinoni F. e Crosta G.B. (2014) Post-LIA Glacier Changes along a Latitudinal Transect in the Central Italian Alps. *The Cryosphere*, 8: 2235–2252.

Szallies, A. e Huber C. (2014) *Oreonebria* (*Oreonebria*) *soror* *tresignore* ssp. nov. vom Pizzo Dei Tre Signori in Der Lombardei, Italien (Coleoptera: Carabidae, Nebriinae). *Contributions to Natural History* 25: 23–33.

Tampucci D., Mangili F. e Caccianiga M. (2014) *Viola comollia* Massara (Schede per una Lista Rossa della Flora vascolare e crittogamica Italiana). *Informatore Botanico Italiano*, 46(2): 285–321.

Tampucci D., Gobbi M., Cabrini E., Compostella C., Marano G., Pantini P. e Caccianiga M. (2015) Plant and arthropod colonization of a glacier foreland in a peripheral mountain range. *Biodiversity*, 16:4, 213–223.

Tampucci D., Gobbi M., Pantini P., Cabrini E., Muzzolon I.A., Bernasconi M., Mangili F., Scotti R., Tantardini D. e Caccianiga M. (2016) Distributional pattern of cold-adapted plants and arthropods in a peripheral mountain range: cold- and warm-stage refugia should be considered. Primo congresso congiunto Società Italiana di Ecologia, Unione Zoologica Italiana, Società Italiana di Biogeografia, Milano, 30 agosto - 2 settembre 2016, Università di Milano-Bicocca

Glacionevato presso il Lago Zelto





IN COLLABORAZIONE CON:



ISBN 978-88-906196-2-5

