

Invertebrati: lo zoobentos

VALERIA LENCIONI · BRUNO MAIOLINI

■ Macrobentos dei laghi d'alta quota

Lo studio dello zoobentos di laghi montani è stato poco sviluppato in Italia rispetto all'attenzione che la limnologia ha riservato alla componente fito- e zooplanctonica. Solamente nell'ultimo decennio alcune ricerche sono state mirate alla struttura e funzione della comunità zoobentonica lacustre, soprattutto da parte del CNR-ISE di Pallanza e del Museo Tridentino di Scienze Naturali. La frazione dello zoobentos più studiata nei laghi alpini è



Laghi della Valletta (Alpi Marittime, Piemonte)

costituita dal macrozoobentos, che viene definito come l'insieme degli organismi animali di dimensioni superiori al millimetro che vivono nei corpi d'acqua a stretto contatto con il substrato. Poco si sa degli organismi di minori dimensioni, presenti nel sedimento di fondo (meiofauna), ai quali è dedicata una scheda. Nei corsi d'acqua gli organismi macrobentonici utilizzano primariamente le risorse alimentari trasportate dal continuo fluire della corrente; nei laghi la disponibilità di nutrimento avviene invece principalmente per deposito e accumulo sul fondo dei materiali organici, provenienti dal dilavamento dei terreni circostanti o da eventuali immissari, e degli organismi lacustri morti. Per questo motivo il bentos lacustre dipende principalmente dal ciclo della decomposizione per la sua nutrizione; sono scarsi o assenti gli organismi filtratori, tipici di acque correnti, nonché molti dei gruppi reofili descritti nel volume dei Quaderni Habitat dedicato ai torrenti montani. Gli habitat che i laghi offrono al bentos sono riconducibili a tre principali categorie (litorale, sublitorale e profondo), ognuna delle quali ospita una distinta comunità.

La zona litorale comprende tre distinte tipologie ambientali: litorale influenzato dal moto ondoso, con vegetazione acquatica, privo di vegetazione. In un lago, soprattutto in quelli piccoli montani, le sesse (oscillazioni della massa d'acqua causate dalla pressione dei venti) sono in genere di intensità trascurabile, mentre le onde prodotte dal vento creano una zona poco estesa. In questa stretta

Tricotteri (*Pseudopsilopteryx zimmeri*) in accoppiamento invernale



Larva di tricottero (*Rhyacophila torrentium*)

fascia vivono organismi che hanno risolto in qualche modo il problema della respirazione subaerea, soprattutto molluschi e alcuni crostacei. Il vantaggio di vivere in questa zona di transizione (o ecotonale) è l'accesso a risorse trofiche di origine terrestre. Ben distinta appare invece la comunità bentonica litorale che si insedia tra le macrofite acquatiche lungo le rive. Questa zona offre abbondanza di cibo e di rifugi per tutte le fasi vitali degli invertebrati e la sua estensione è fortemente dipendente dalla trasparenza

del lago e quindi dalla penetrazione della luce, indispensabile per operare i processi clorofilliani. Infine si distingue una comunità litorale di zone prive di vegetazione, o per scarsità di luce o per inadatta conformazione della riva (ad esempio troppo ripida). Tutti questi ambienti sono caratterizzati da notevoli variazioni sia tra lago e lago che tra punti diversi dello stesso lago, avendo tuttavia in comune una biodiversità generalmente più elevata rispetto a quella che si rinviene nelle acque più profonde. La zona sublitorale (2,5-6 m) è un ambiente più omogeneo, meno diversificato rispetto a quella litorale, con comunità bentoniche che comprendono elementi sia del bentos profondo che di quello litorale. Il substrato presenta una granulometria con tessitura fine ma anche elementi più grossolani quali sabbie e ghiaia.

Infine il bentos profondo è quello generalmente più comparabile in laghi diversi, in quanto le condizioni ambientali sono molto simili: il substrato è dominato da limo, la temperatura è mediamente bassa e la luce è scarsa o assente e vi è carenza di ossigeno per la maggior parte dell'anno. Il bentos profondo dei laghi (oltre 10 m) presenta una diversità più bassa di quello delle zone più superficiali, in quanto pochi organismi hanno superato le difficoltà di vivere in un ambiente così severo.

Nei laghi montani l'ambiente sublitorale ospita la fauna macrobentonica più abbondante e diversificata. Gli insetti che utilizzano ossigeno atmosferico per la respirazione (ad esempio i coleotteri acquatici) sono infatti confinati alla fascia litorale e sublitorale. Quelli con fase larvale acquatica a respirazione branchiale frequentano anche le acque più profonde; la massima profondità raggiunta dipende però dalla loro capacità di compiere un viaggio più o meno lungo verso la superficie al momento dello sfarfallamento. In questo senso le più favorite sono le larve di diverse specie di ditteri chironomidi, mentre ad esempio le ninfe degli efemerotteri sono limitate a profondità di 10-15 metri.

■ Principali invertebrati bentonici

Tricladi. I tricladi (le ben note planarie) comprendono sia specie francamente reofile che altre esclusive di laghi e stagni. *Crenobia alpina*, specie frequente in torrenti montani freddi ed impetuosi e sorgenti, è a volte presente nell'ambiente litorale di laghi montani, purché con acque fresche e ben ossigenate. Si tratta di una specie predatrice di altri piccoli invertebrati acquatici.



Crenobia alpina

Oligocheti. Insieme ai chironomidi, gli oligocheti comprendono i taxa più importanti delle zone profonde dei laghi montani, in termini sia di numero di individui che di specie presenti. L'aspetto generale è vermiforme, con dimensioni che vanno dai pochi millimetri dei naididi ai circa 30 cm di alcuni lumbricidi. Sono generalmente associati a fondali sabbiosi o limosi nei quali vivono infossati, nutrendosi della sostanza organica in decomposizione e della fauna batterica associata. La famiglia dei lumbriculidi comprende specie piccole e con tegumento trasparente. Ben presente in laghi anche a quote superiori ai 2000 m è *Stylodrilus heringianus*. Decisamente più grandi gli aplotaxidi, dal corpo biancastro, sottile e lungo fino a 25 cm, come in *Haplotaxis gordioides*, una specie predatrice presente in torrenti, acque sotterranee e laghi di media e alta quota.

Una famiglia di particolare interesse è quella dei tubificidi, che costruiscono tubi mucosi (da cui il nome) all'interno dei quali gli individui vivono infossati nel limo dei fondi lacustri, con l'estremità posteriore libera per permettere la respirazione e il rilascio delle deiezioni. In genere riescono a vivere anche in acque piuttosto compromesse e con poco ossigeno. Tra le specie presenti in laghi d'alta quota ricordiamo *Spirosperma ferox*, *Potamothenix hammoniensis*, *Aulodrilus limnobius*, *Aulodrilus pluriset* e *Tubifex tubifex*, quest'ultimo molto diffuso e con grandi capacità di adattamento, potendo vivere sia in ambienti lacustri fortemente inquinati che in laghi oligotrofi d'alta quota.

Gli oligocheti che appaiono più adattati alla vita acquatica sono i naididi, piccoli e trasparenti, generalmente capaci anche di nuotare; si riproducono per scissione, dando luogo a "catene" di individui. Sicuramente presenti in acque d'alta quota sono *Nais bretscheri*, *N. communis* e *N. elinguis*.

Infine ricordiamo la famiglia degli enchitreidi che comprende sia specie terrestri che acquatiche, queste ultime presenti anche in torrenti e laghi a quote elevate. Nei laghi alpini sono state segnalate *Cernovitiella atrata* e *Cognettia* sp.



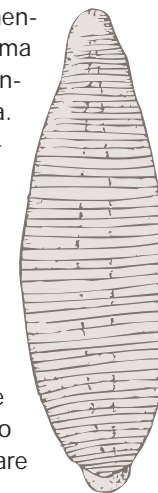
Lago d'Aver Soprano (Piemonte)

Irudinei. Gli irudinei o sanguisughe sono anellidi prevalentemente dulciacquicoli, con poche specie marine e terrestri. La forma generale del corpo è vermiforme, appiattita dorso-ventralmente, caratterizzata dalla presenza di due ventose alle estremità. Le dimensioni variano da 1 a circa 30 cm, ma lo stesso individuo assume dimensioni assai diverse allungando e accorciando il corpo durante il movimento. Contrariamente alle credenze popolari, solamente una piccola parte delle sanguisughe succhia liquidi corporei di vertebrati; la maggior parte delle specie d'acqua dolce è invece predatrice di altri invertebrati bentonici, che può ingoiare interi.

Nei laghi montani la diffusione degli irudinei è limitata dalla bassa temperatura e dalla scarsità di prede adeguate; poche specie si rinvencono sui substrati duri delle rive, mentre molto basso è il numero di quelle che riescono talvolta a colonizzare anche le zone più profonde.

La specie che si spinge più in profondità anche in laghi montani è *Glossiphonia complanata* s.l. (vedi disegno) che predilige acque moderatamente fredde.

Helobdella stagnalis colonizza acque debolmente correnti o stagnanti dalla pianura fino ai 2500 m di quota sulle Alpi. In alcuni laghi alpini compare anche *Haemopsis sanguisuga*, di maggiori dimensioni (raggiungendo in estensione i 16 cm di lunghezza); questa specie è ematofaga, nutrendosi prevalentemente del sangue di bovini all'abbeverata che presumibilmente la veicolano in laghetti che frequentano per l'alpeggio.



Molluschi. I molluschi sono assai frequenti nei laghi di media e bassa quota, mentre poche sono le specie che sopportano le basse temperature dei laghi montani, prediligendo quelli su substrato carbonatico o comunque con acque dure, necessarie allo sviluppo del guscio. Tra i gasteropodi pulmonati *Physa* spp., *Radix peregra* e *Galba truncatula* e tra i bivalvi *Pisidium amnicum* e *P. casertanum* sono frequenti in laghi alpini, ove sono presumibilmente veicolati da uccelli. *Galba truncatula* è stata rinvenuta in laghetti delle Dolomiti sino a 2800 m s.l.m.

Un gasteropode del genere *Physa* mentre si muove con il piede completamente estroflesso

Anfipodi. I crostacei anfipodi sono costituenti molto importanti del macrozoobentos lacustre di alcuni laghi d'alta quota, ove sono sporadicamente rappresentati da *Niphargus forellii*, specie cieca che frequenta le sorgenti circumlacuali e i sedimenti del fondo. Un elemento di rilevante interesse biogeografico è *Gammarus lacustris*, relitto glaciale che si rinviene in pochi laghi delle Alpi e degli Appennini; la specie, elemento boreoalpino-appenninico, è da considerarsi vulnerabile ed in via di rapida scomparsa dai laghi d'alta quota italiani in seguito alle massicce introduzioni di specie ittiche.

Idracari. Gli idracari sono generalmente presenti e a volte abbondanti nelle zone litorali e sublitorali. Tra le specie segnalate in laghi alpini posti al di sopra della linea degli alberi ricordiamo: *Atractides loricatus*, *Feltria minuta*, *Gnaphiscus setosus* e numerose specie del genere *Lebertia*.

Efemerotteri. Sono un ordine di insetti con sviluppo larvale acquatico, ampiamente diffusi nelle acque interne italiane, anche se la maggior parte delle specie si rinviene in acque correnti. L'elevato numero di ninfe produce talora, lungo le rive dei laghetti montani, sfarfallamenti massivi di adulti dalla vita molto breve (da cui il nome dell'ordine) e privi di un apparato boccale funzionale. Una particolarità degli efemerotteri (unica tra gli insetti) è quella di intraprendere una seconda muta dopo il raggiungimento della condizione alata: dalla ninfa sfarfalla infatti una subimmagine che, dopo una nuova muta,



Niphargus forellii, specie cieca e depigmentata presente nelle acque profonde di alcuni laghetti alpini

assume la forma adulta definitiva (immagine). Durante lo stadio ninfale gli efemerotteri dei laghi alpini si nutrono di detrito organico e materia vegetale e sono preda di altri invertebrati bentonici (in particolar modo plecoteri e odonati) e di pesci.

L'efemerottero maggiormente adattato alla vita in ambienti lacustri montani è *Siphonurus lacustris*, specie diffusa in tutta Europa, sia in corsi d'acqua a lento decorso che in ambiente litorale e sublitorale di laghi a diversa altitudine, fino a 2300 m s.l.m., soprattutto se con vegetazione acquatica. *Baetis alpinus* è specie tipicamente torrentizia, legata a corsi d'acqua d'alta quota con acque veloci e relativamente fredde. È stata tuttavia rinvenuta in diverse occasioni anche nel litorale di laghi d'alta quota in cui arriva probabilmente per trasporto passivo dagli immissari, riuscendo ad adattarsi alle nuove condizioni.

Odonati. Gli odonati comprendono le damigelle (o zigotteri: adulti e larve dall'addome conico e allungato) e le libellule (o anisotteri, con ninfe dal corpo ovoidale e con aspetto generale più tozzo). Sono insetti con fase larvale acquatica e con adulti generalmente ottimi volatori che vivono relativamente a lungo, cacciando in volo altri insetti. Le ninfe prediligono acque a debole scorrimento o stagnanti e la forte capacità dispersiva degli adulti ha permesso a questo ordine di colonizzare molti ambienti lacustri, anche d'alta quota. Il limite alla loro presenza verso quote elevate è dettato dalla temperatura e dalla disponibilità di prede.



Somatochlora alpestris



Aeshna juncea

Anche le ninfe sono formidabili predatrici di ogni forma animale che abbia dimensioni adeguate: organismi bentonici, larve di anfibi, piccoli pesci.

Tra gli zigotteri diverse specie sono particolarmente adattate alla vita in laghi montani; tra queste *Lestes dryas*, che colonizza anche laghi d'alta quota dell'Appennino. Tra le damigelle che è possibile incontrare con più facilità nei laghi d'alta quota ricordiamo *Enallagma cyathigerum* e *Coenagrion hastulatum*, presente in tutta Italia in laghi con poca vegetazione e fondo limoso, anche a quote elevate.

Tra gli anisotteri più noti ricordiamo la famiglia degli escnidi, libellule di grandi dimensioni e dal volo potente che difficilmente sfuggono all'osservazione se ci troviamo a passeggiare intorno ad un lago montano. La presenza di *Aeshna grandis* e delle congeneri *A. juncea* e *A. caerulea* è limitata alle Alpi, soprattutto a quelle centro-orientali. Specialiste delle alte quote sono *Somatochlora alpestris* e *S. arctica* della famiglia dei corduliidi. Infine ricordiamo tra i libelluli di *Sympetrum danae*, *S. flaveolum* e *Leucorrhinia dubia*, la prima limitata alle Alpi occidentali e centrali, la seconda presente anche sull'Appennino centrale, sempre a quote elevate.

Plecotteri. In Italia questo ordine comprende 7 famiglie, delle quali quella dei nemuridi è la più diversificata, con 49 specie, ed è anche quella che comprende le poche specie che è possibile trovare in ambienti lacustri d'alta quota. Tutti i plecoteri hanno ninfe acquatiche e in generale frequentano acque correnti ben ossigenate e fresche. La preferenza per gli ambienti d'alta quota pone particolari problemi di adattamento: ad esempio la brevità del periodo estivo ha favorito il ricorso alla diapausa in diverse specie, sia a livello di uova che di ninfa, in modo da superare le stagioni avverse, spesso rifugiandosi nell'ambiente iporreico. Le specie a sfarfallamento primaverile (ad esempio *Capnia vidua*) si trovano spesso in un ambiente ancora innevato e con temperature prossime al punto di congelamento, per evitare il quale producono glicoli con funzione anticongelante. Solamente gli adulti, volatori, di poche specie si nutrono di muschi o essenze vegetali durante il loro periodo vitale, che va da pochi giorni a qualche settimana. Le ninfe dei plecoteri hanno abitudini alimentari diverse: quelle dei nemuridi sono erbivore. Nei laghi montani generalmente la presenza di nemuridi è ristretta all'habitat prossimo alle rive: *Nemoura cinerea*, *Nemurella pictetii* e diverse specie del genere *Protonemura* non sono infrequenti.



Adulto di plecoteri (*Perlodes* sp.)



Lago di Lillet (Massiccio del Gran Paradiso, Val d'Aosta)

Mentre lo zooplancton e, in minor misura, il macrobentos dei laghetti d'alta quota sono stati oggetto di numerosi studi specifici, mancano quasi completamente lavori organici su quella frazione di bentos che presumibilmente comprende il maggior numero degli organismi di fondo. La maggior parte di questi animali non supera il millimetro di lunghezza, ed appartiene alla frazione del bentos nota come "meiofauna". Si tratta in prevalenza di turbellari, nematodi, piccoli oligocheti, acari, microcrostacei (cladoceri, copepodi, ostracodi) e tardigradi che vivono a stretto contatto con il substrato o all'interno di esso, tra i granuli di ghiaia e sabbia (fauna interstiziale) o nel sedimento limoso.

Tra gli organismi più abbondanti nella meiofauna dei laghetti montani annoveriamo i copepodi, di cui si è parlato nel capitolo relativo allo zooplancton. Le specie più frequenti, in particolare nella zona litorale, appartengono all'ordine degli arpaticoidi (generi *Bryocamptus*, *Maraenobiotus* e *Hypocamptus*).

Alcune specie sono molto rare e localizzate sulle Alpi; fra queste *Hypocamptus paradoxus* e una nuova specie, appartenente a questo stesso genere, in corso di descrizione esclusiva dei laghetti gla-

ciali oltre i 2500 m di quota. Altre specie sono tipicamente boreoalpinae, cioè hanno un areale di distribuzione che comprende l'Europa settentrionale e le Alpi, come *Maraenobiotus insignipes*, o sono diffuse nell'Europa centrale e settentrionale (e presenti talora oltre che sulle Alpi anche in stazioni appenniniche come relitti glaciali), quali *Bryocamptus (Arcticocamptus) rhaeticus*, *Bryocamptus (Arcticocamptus) cuspidatus* e *Maraenobiotus vejovskyi*.

Accanto ai copepodi è frequente rinvenire nei laghetti montani ostracodi e tardigradi. Gli ostracodi sono tra i più antichi crostacei noti; sono organismi ricoperti da un carapace bivalve dall'aspetto in genere globoso, a fagiolo oppure allungato, frequenti esclusivamente nei laghetti su substrati carbonatici, mentre nelle acque molli dei laghetti in rocce metamorfiche o cristalline risultano quasi sempre assenti. I tardigradi sono invece organismi dalla forma inconsueta: assomigliano a minuscoli bradipi che si muovono lentamente sul fondale e superano le condizioni ambientali avverse in vita latente (criptobiosi); durante questi periodi si assiste ad una sospensione del movimento e ad una estrema riduzione del metabolismo.



Bryocamptus (Arcticocamptus) rhaeticus



Coleottero eloforide (dimensioni 3 mm) che deambula sul fondo

Coleotteri. I coleotteri acquaioli conducono, con poche eccezioni, vita acquatica anche (o solamente) nella fase adulta, sia nuotando con zampe adattate allo scopo sia muovendosi tra il detrito del fondo. Frequentano le acque calme litorali dei laghi d'alta quota ove possono essere anche localmente abbondanti in assenza di fauna ittica. Le specie riscontrate nei laghetti d'alta quota appartengono prevalentemente agli idroadeefagi e agli idrofiloidei; la famiglia più diffusa è quella dei ditiscidi. I ditiscidi sono acquatici ed abilissimi predatori sia allo stadio larvale che adulto. Le larve sono fornite di robuste mandibole canalicolate per la cattura e la digestione preorale di una grande varietà di prede compresi girini ed avannotti. Gli adulti sono i coleotteri acquatici più adattati al nuoto ed anche ottimi volatori, caratteristica che permette una agevole colonizzazione anche di laghetti posti in aree remote, a quote molto elevate. Frequenti nei laghetti d'alta quota anche oltre i 2.500 m *Agabus (Gaurodytes) congener*, *Agabus (Gaurodytes) solieri* e varie specie più piccole del genere *Hydroporus*, quali *Hydroporus (Hydroporus) foveolatus* e *Hydroporus (Hydroporus) nivalis*.

Tra gli idroadeefagi, sono frequenti nel litorale dei laghetti d'alta quota e nelle sorgenti perilacustri gli idrenidi e gli eloforidi, in particolare *Helophorus nivalis*, i cui adulti, di piccole dimensioni, camminano sul fondo tra la vegetazione acquatica di cui si nutrono.

Ditteri. La fauna bentonica delle rive dei laghi alpini è in genere dominata dai ditteri, presenti con diverse famiglie tra cui prevalgono i chironomidi (per lo più ortocladine e chironomine), sia come numero di individui che come numero di specie. Altri ditteri frequenti sono i limoniidi (*Dicranota*), i culicidi, i ceratopogonidi, gli empidi e gli antomiidi.

I chironomidi molto spesso costituiscono la famiglia di insetti più abbondante negli ecosistemi d'acqua dolce. La capacità di questi animali di tollerare ampi gradienti di pH, salinità, profondità, concentrazione di ossigeno, temperatura e produttività permette loro di occupare potenzialmente tutte le nicchie ecologiche presenti negli ambienti dulciacquicoli.

I chironomidi occupano tutti i livelli trofici e sono caratterizzati da un elevato numero di specie (circa 15.000 nel mondo di cui più di 400 in Italia), molto diversificate dal punto di vista ecologico. Per la loro ubiquità e ricchezza in specie stenoecie e stenotopie, i chironomidi sono ottimi bioindicatori, da



Minuta specie di coleottero ditiscide (dimensioni 4 mm)

L'utilizzo dei chironomidi come indicatori del livello trofico dei laghi è prassi usuale, così come il loro impiego come indicatori di inquinamento chimico, radioattivo e da precipitazioni acide. Tra gli anni '50 e '70 del secolo scorso alcuni autori elaborarono dei sistemi di classificazione del livello trofico dei laghi partendo dall'analisi della comunità bentonica. Brundin fu il primo a mettere in evidenza, sulla base anche degli studi precedenti di Thienemann, il fatto che le comunità profonde possono essere utilizzate per caratterizzare il livello trofico dei laghi. Si è poi focalizzata l'attenzione sugli indici biologici che sintetizzano lo stato dei laghi grazie all'utilizzo della comunità bentonica come indicatore di qualità ambientale. In particolare il B.Q.I. (Indice Bentonico di Qualità) proposto da Wiederholm (1976) è basato sulla comunità di chironomidi:

$$\text{B.Q.I.} = \sum_{i=0}^5 \frac{n_i}{N} (K_i - 1 + C_i)$$

dove

K_i = ha valori prossimi a 5 per l'associa-

zione a *Heterotrissocladius subpilosus*, prossimi a 1 per quella a *Chironomus plumosus* e va a 0 quando non è presente nessuna specie indicatrice

n_i = è il numero di individui presenti nella comunità indicatrice i-esima del campione
 C_i = è la frequenza dei rispettivi gruppi nel campione

N = è il numero totale degli individui.

L'indice però non poneva sufficiente attenzione alla necessità di differenziare gli organismi stenotopi, tipici di ambienti oligotrofici come i laghi alpini, da quelli che si adattano ad un ampio range alimentare, vale a dire euritopi. Si profilava quindi la necessità di una revisione più accurata del sistema mentre, contemporaneamente, diveniva sempre più evidente l'inadeguatezza dello studio dei singoli parametri lacustri, ad esempio solo la produttività primaria, come esclusiva chiave di accesso alla comprensione dell'intero ecosistema di un lago. La ricerca ha quindi tentato di trovare delle nuove corrispondenze tra dati provenienti da approcci diversi di analisi, in

un'ottica di sintesi migliore così da ottenere una visione esaustiva, integrata e chiara dei sistemi lacustri.

Successivamente Saether ha attuato una revisione del B.Q.I. abbandonando l'idea di un indice e differenziando gli ambiti di indagine delle comunità di chironomidi: comunità profonde, litorali e sublitorali. Sono state delineate quindici tipologie di comunità di chironomidi diverse indicate con lettere greche partendo da α . Sei di queste tipologie sono tipiche di laghi oligotrofici, tre di laghi mesotrofici e sei di laghi eutrofici. Sono stati nuovamente messi in relazione dati ricavati dalle comunità di chironomidi, con i livelli di fosforo e di clorofilla presenti nei laghi, ottenendo buone correlazioni tra questi parametri anche in ecosistemi lacustri molto diversi tra loro. Si è evidenziato che l'identificazione delle comunità tipiche dei laghi ultraoligotrofici è semplice, mentre i limiti tra l'oligotrofia, la mesotrofia e l'eutrofia sono chiari, ma meno immediati.

Grazie a questi ed altri studi (per esem-

pio quelli di Warwick degli anni '70) si è dimostrato che la disponibilità di cibo è il fattore di controllo che governa la successione delle comunità di chironomidi. Precedentemente si pensava che fosse l'ossigeno ipolimnico il fattore di controllo, ma ciò vale probabilmente soprattutto per i laghi eutrofici, o con particolare morfologia del bacino (rapporto superficie - volume - profondità del lago) che ne rende più o meno frequente il rimescolamento, o per i laghi umici.

Generalmente, nei laghi ultraoligotrofici prevalgono le ortocladine (per es. *Heterotrissocladius* e *Orthocladus*), mentre le chironomine dominano in tutte le altre condizioni. In particolare *Micropsectra* e *Tanytarsus* (tribù dei tanitarsini) sono abbondanti nei laghi oligotrofici; *Sergentia*, *Endochironomus*, *Microtendipes* e *Stictochironomus* (tribù dei chironomini) negli ambienti mesotrofici; *Chironomus anthracinus* e *C. plumosus* (tribù dei chironomini) negli ambienti eutrofici ed infine il solo *Chironomus plumosus* domina nei laghi altamente eutrofici.



Campionamenti in un laghetto alpino



Chironomus plumosus: la vivace colorazione rossa è dovuta alla presenza di emoglobina nell'emolinfa, che permette a queste larve di ditteri di vivere in sedimenti lacustri poveri di ossigeno



Larva di dittero limoniide con il tipico disco spiracolare a 5 lobi

molti anni utilizzati come indicatori dello stato trofico e di acidificazione dei laghi. Le capsule cefaliche dei chironomidi vengono utilizzate anche in indagini paleolimnologiche per ricostruire i cambiamenti di tipo naturale e antropico avvenuti nei bacini lacustri, in particolare in seguito alla contaminazione atmosferica e all'eutrofizzazione.

I diversi taxa hanno evoluto particolari adattamenti fisiologici, morfologici e

comportamentali per sopravvivere in ambienti lentici. Per esempio, alcune specie, tra cui *Chironomus plumosus*, sono dotate di emoglobina e sono in grado di regolare la produzione di questo pigmento, potendo resistere a periodi anche prolungati di anossia. Gli individui appartenenti a taxa che vivono in profondità hanno in genere dimensioni maggiori di quelli che vivono nel litorale, sono essenzialmente tubicoli e la loro sopravvivenza dipende dall'efficienza di ventilazione, che avviene mediante oscillazioni vigorose del corpo. Le specie tubicole dotate di emoglobina sono frequenti ed abbondanti nei laghi eutrofici mentre in quelli oligotrofici prevalgono taxa a vita libera che si spostano frequentemente in cerca di cibo.

I laghi d'alta quota sono ubicati in aree remote e potenzialmente isolate, ma non sono noti tra i chironomidi endemismi né gradienti biogeografici particolari all'interno dell'area alpina. Inoltre, la presenza di specie rare può essere spiegata ipotizzando che questi taxa siano stenoeci, legati a particolari combinazioni di fattori morfometrici ed ecologici spesso non ancora noti. *Paratanytarsus austriacus*, *Zavrelimyia* spp., *Corynoneura scutellata*, *Heterotrissocladus marcidus*, *Macropelopia nebulosa* e *Micropsectra* spp. sono i più abbondanti e frequenti, distribuiti nei laghi di tutta l'area alpina.

Alcune specie si trovano associate a particolari condizioni ambientali, dove possono raggiungere abbondanze elevate quali *Paracladius alpicola*, *Acamptocladius reissi*, *Pseudokiefferiella parva* e *Pseudodiamesa nivosa*. Per esempio, *Pseudodiamesa nivosa* sfarfalla immediatamente dopo lo scioglimento del ghiaccio, *Paracladius alpicola* è noto solamente in laghi di alta quota con basso grado di trofia, mentre *Acamptocladius reissi* è ristretto alla zona litorale di laghi poco profondi con estesa presenza di macrofite o in torbiere e sembra in grado di tollerare valori di pH molto bassi, fino a 3. Tra i taxa rari presenti lungo le rive dei laghetti montani vi sono *Krenosmittia* sp., *Zavrelimyia berberi*, *Paraphaenocladus irritus* e *Pagastiella* sp., particolarmente esigenti da un punto di vista ecologico.

Tricotteri. I tricotteri sono un ordine molto eterogeneo di insetti con larve acquatiche che subiscono una metamorfosi completa. Hanno colonizzato la maggior parte delle acque interne, dai torrenti ai grandi fiumi, dalle sorgenti agli stillicidi, dagli stagni ai laghi. Caratteristica peculiare di molti tricotteri è l'astuccio che le larve si costruiscono incollando intorno al proprio corpo, con una apposita secrezione, materiale raccolto dall'ambiente in cui vivono. Questi astucci hanno una funzione sia protettiva che di ancoraggio al substrato e possono essere costituiti dai più diversi materiali. Alcune specie prediligono materiale vegetale, altre pietruzze, sabbia, nicchi vuoti di molluschi. Anche la foggia varia da specie a specie, da cilindrica a conica, a forma di borsello, di casupola ecc. Altre specie non hanno un astuccio larvale, ma costruiscono "reti da pesca" di varia foggia con metodi e finalità simili a quelle prodotte in ambiente terrestre dai ragni; infine le larve della famiglia riacofilidi non hanno un astuccio e sono carnivore. Dopo i ditteri, i tricotteri sono il gruppo maggiormente rappresentato negli ambienti lacustri montani. Dalla letteratura disponibile risultano presenti in laghi d'alta quota alpini *Rhyacophila italica*, *Plectrocnemia conspersa*, *P. geniculata*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Oligotricha striata*, *Limnephilus coenosus*, *Halesus radiatus*, *Melampophylax mucoreus*, *Phacopteryx brevipennis*, *Allogamus antennatus*, *A. auricollis*, *A. uncatus*, *Odontocerum albicorne*. Queste specie non sono in genere esclusive di ambienti lacustri ma frequentano anche gli immissari e, soprattutto, gli emissari. La loro presenza è per lo più limitata alle zone litorali o al più sublitorali.



Larva di tricottero limnephilide



Vertebrati

LUCA LAPINI · SERGIO PARADISI

■ Ittiofauna

C'è un solo pesce che, nel nostro Paese, può dirsi veramente *esclusivo* dei laghi montani, anche di quote elevate: è il salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*), un salmonide marcatamente oligostenotermo la cui presenza era in origine limitata ad alcuni piccoli specchi d'acqua del Trentino, appartenenti ai bacini idrografici del Sarca, del Brenta, dell'Adige e dei suoi tributari Avisio e Noce: laghi di Tovel, del Corvo, di Nambino, di San Giuliano, di Bocche, delle Stellune ed altri. La sua autoctonia in queste acque è data per certa, anche se non è possibile escludere del tutto un'introduzione da parte dell'uomo in tempi non recenti, favorita magari dall'appartenenza dei territori al di qua e al di là della barriera alpina alla medesima amministrazione asburgica.

Salvelinus alpinus è specie olartica ad ampia distribuzione circumpolare e le sue popolazioni più consistenti sono concentrate nelle acque marine costiere delle zone subartiche di Europa, Asia e Nord America, nonché nei bacini fluviali tributari, dove il salmerino alpino si comporta da migratore anadromo. In queste aree la specie, per la bontà delle carni e per la discreta consistenza delle popolazioni, ha ancora una certa importanza per la pesca professionale. È presente inoltre con popolazioni sedentarie nelle acque limpide e fredde di molti laghi dell'Asia settentrionale, del Nord America e del Vecchio Continente, con distribuzione assai irregolare. Per quanto riguarda l'Europa, laghi che ospitano queste forme stanziali si trovano nelle Isole Britanniche, in Norvegia, Svezia, Finlandia, Russia settentrionale, Siberia, America settentrionale, Groenlandia e Islanda. A latitudini più basse salmerini sono presenti in pochi bacini lacustri dei Pirenei, del Massiccio Centrale francese e dell'arco alpino: in queste regioni più meridionali la



Lago di Tovel (Trentino Alto Adige)

Maschio di tritone alpino (*Triturus alpestris*)

specie è da considerarsi un relitto glaciale, relegato nelle acque profonde e ossigenate di alcuni laghi d'alta quota dalla necessità di basse temperature (da 4 a 8°C, con punte massime di 12°C tollerabili per tempi brevi). In Italia negli ultimi due secoli la distribuzione originaria è stata modificata mediante reiterate immissioni, operate con materiale ittico proveniente sia dai laghi trentini che dall'estero. I primi tentativi documentati di ampliare l'areale della specie vennero compiuti nel 1862 dall'ittologo De Filippi, che suddivise tra i laghi piemontesi di Avigliana e Mergozzo e quello lombardo di Montorfano 70.000 uova embrionate acquistate a Monaco di Baviera. Sempre di provenienza bavarese erano le 50.000 uova immesse nel 1885 nel Lago d'Idro; nello stesso lago tre anni dopo furono introdotte altre 150.000 uova, provenienti questa volta dal Trentino (Lago di Tovel). Queste operazioni non furono coronate da successo e non ebbero alcun seguito. Ben diversi furono gli esiti dell'immissione tentata nel 1895 nel Lago di Lugano, dove vennero immesse non uova fecondate, ma avannotti provenienti dal lago svizzero di Zug: il risultato fu pieno e immediato, tanto che solo pochi anni dopo il salmerino compariva a tonnellate nelle catture dei pescatori di mestiere del lago. Dopo il Ceresio, nel 1910 toccò al Lago Maggiore e successivamente, nel 1930, a quello di Como, sempre con eccellenti risultati. Nel Garda invece la specie non è riuscita ad insediarsi stabilmente, e non si è mai andati al di là di sporadiche catture di singoli esemplari, quasi sempre nella parte bassa del lago. Attualmente le popolazioni di salmerino dei grandi laghi italiani sono tutte in grave flessione



Salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*)

numerica. In questi bacini subalpini le basse temperature di cui i salmerini necessitano non vengono ovviamente garantite dall'altitudine, ma dalla grande profondità, e questi pesci si mantengono a stretto contatto del fondo.

L'ampliamento dell'areale italiano della specie ha interessato, a più riprese, anche laghi d'alta quota, in particolare in Piemonte, Val d'Aosta e Lombardia, usando animali provenienti dal Trentino ma anche ceppi non indigeni. Le popolazioni originarie dei laghi di Fusine e di Raibl (Alpi Giulie), per alcuni autoctone e per altri di provenienza trentina, sono state interessate in tempi relativamente recenti da altri apporti, tanto che gli attuali salmerini di Fusine proverrebbero tutti dal Lago di Bohinj (Slovenia).

Il salmerino alpino ha una conformazione molto simile a quella delle trote, ma l'identificazione risulta sempre molto agevole, senza dover ricorrere all'esame di caratteri interni: a questo proposito ricordiamo comunque che negli appartenenti al genere *Salvelinus*, contrariamente a quelli del genere *Salmo*, lo stelo del vomere - osso situato sul palato - è del tutto privo di denti. Come in tutti i Salmonidi è presente una seconda pinna dorsale di piccole dimensioni e di aspetto adiposo, ma rispetto alle trote le scaglie che rivestono il corpo sono molto più piccole, mentre invece la bocca, ben fornita di denti, è più grande e oltrepassa il bordo posteriore dell'occhio. Il colore di fondo è grigio-olivastro o bruno nelle popolazioni sedentarie, più chiaro ed argenteo nella fase trofica marina delle popolazioni migratrici; sui fianchi sono presenti numerose piccole macchie tondeggianti, pallide o talvolta rosate, poco visibili nei soggetti che vivono in mare. Sfumature rosate sono a volte presenti anche sul ventre bianco. Bordate anteriormente di bianco sono le pinne pari e la pinna anale, di colore giallastro. Sui fianchi dei giovani, analogamente ad altri Salmonidi, sono presenti bande o diteggiature trasversali scure, che gli anglosassoni chiamano "parr marks". Complessivamente si tratta di un bel pesce, ma non particolarmente appariscente. Assai diverso è il discorso per quanto riguarda i maschi in livrea riproduttiva: la colorazione diviene molto più contrastata, il dorso e i fianchi mostrano riflessi bluastri, le macchie divengono più evidenti, tutta la parte inferiore del corpo - pinne comprese - assume un colore rosso sgargiante, la mandibola prende una caratteristica forma uncinata: l'aspetto è magnifico.

La biologia riproduttiva di questo pesce è diversa a seconda che si tratti di popolazioni sedentarie o migratrici. In queste ultime a fine estate gli adulti



Lago di Fusine (Alpi Giulie, Friuli Venezia Giulia)

maturi iniziano la migrazione dal mare ai laghi, perdendo il colore argenteo e assumendo progressivamente la livrea nuziale. La deposizione ha luogo nel tardo autunno o in inverno, nei fiumi e nei laghi. Alla fine della primavera successiva i riproduttori tornano in mare, mentre i nuovi nati trascorrono l'estate nel basso corso dei fiumi e in acque salmastre; successivamente si porteranno in mare, in acque a bassa salinità, dove andranno incontro ad una fase di accrescimento che li condurrà, dopo 3-6 anni, alla maturità sessuale. Durante questa fase il cibo d'elezione è costituito da piccoli pesci, in particolare giovani merluzzi. Alle nostre latitudini la stagione riproduttiva è la stessa, anche se nei grandi laghi subalpini si sono osservate (ma non di norma) deposizioni anticipate nel primo autunno. Ogni femmina produce da poche centinaia ad alcune migliaia di uova (fino a 5000 circa) del diametro di 4-5 mm. La deposizione avviene nei laghi a profondità elevata (talvolta superiore ai 100 m), su fondali sassosi o rocciosi, in piccole depressioni naturali o scavate dalla femmina e ripulite a colpi di coda. Non vi è tendenza da parte dei riproduttori a portarsi in acque correnti, come avviene di regola per le trote. La schiusa avviene nella tarda primavera.

Nei salmerini stanziali l'accrescimento varia in rapporto alle condizioni termiche e trofiche del corpo idrico ospitante, ma è in genere piuttosto lento, con lunghezze che in media arrivano ai 13-18 cm dopo 3-4 anni e a 30-35 cm dopo 10 anni nelle popolazioni residenti più a Nord, mentre alle nostre latitudini, pur in assenza di dati precisi, è possibile che la velocità di crescita sia maggiore. Dopo il riassorbimento del sacco vitellino l'alimentazione è dapprima esclusivamente planctonica, per poi basarsi soprattutto sugli invertebrati bentonici; gli esemplari che superano i 20 cm di lunghezza possono iniziare ad includere nella dieta piccoli pesci, predando anche i conspecifici. L'oligotrofia degli ambienti in cui i salmerini vivono li conduce spesso a specializzazioni alimentari: un'indagine condotta in stazioni d'alta quota delle Alpi occidentali ha evidenziato per i salmerini presenti una dieta composta per oltre il 98% da larve e pupe di chironomidi. Spettri trofici in rapporto con altitudine e dimensioni del bacino lacustre si traducono per questi pesci in un polimorfismo ecologico che consente di sfruttare al meglio le risorse presenti, e che si esplica in forme locali che differiscono per taglia, alimentazione, livrea e anche cicli biologici.

Sull'arco alpino sono note almeno quattro forme diverse: salmerino comune (la forma lacuale tipica, che si nutre di plancton e di bentos), salmerino predatore (forma con dieta a base di pesce, a rapido sviluppo, tipica di laghi profondi e di grande estensione), piccolo salmerino (forma nana planctofaga, *Schwarzreuter* per i tedeschi), salmerino di profondità (*Hungersaibling*, forma nana dei grandi fondali che si ciba di organismi bentonici). Esistono così popolazioni in cui la lunghezza massima non supera i 15 cm di lunghezza, e salme-

rini predatori che possono raggiungere gli 80 cm di lunghezza e superare gli 8 kg di peso, anche se sono più normali dimensioni massime attorno ai 50 cm con pesi tra 1,5 e 3 kg.

Nei laghi delle Alpi bavaresi e austriache avviene spesso che due di queste forme vivano in simpatria presentando, oltre che diverse dimensioni, tempi e siti riproduttivi diversi. In alcuni laghi in Trentino i salmerini sono presenti in forma nana, ma nel nostro Paese non sono noti casi di convivenza fra forme diverse. La variabilità di questi pesci ha portato in passato alla descrizione di più specie e di numerose sottospecie; attualmente si ammette l'esistenza dell'unica specie *Salvelinus alpinus*, riconsiderando le nomenclature trinomie alla luce delle differenze genetiche molto ridotte che sembrano accompagnarsi al polimorfismo. Per le popolazioni italiane è stata in passato adottata da alcuni Autori la denominazione *Salvelinus alpinus salmarinus*, ora abbandonata; l'interesse biogeografico delle popolazioni dell'arco alpino - isolate all'interno del vasto areale della specie - meriterebbe un approfondimento sotto l'aspetto tassonomico.

Da qualche anno in alcuni laghi delle nostre Alpi è presente, a seguito di immisioni, un altro esponente del genere *Salvelinus*: si tratta del salmerino di fonte (*Salvelinus fontinalis*). La specie è originaria delle regioni nord-orientali dell'America settentrionale, dove è conosciuta come *brook trout* e dove popola i fiumi che si gettano nell'Atlantico e nella Baia di Hudson, dal Nord della Georgia al Labrador. A partire dagli ultimi decenni del XIX secolo è stato introdotto e accli-



Salmerino di fonte (*Salvelinus fontinalis*)

matato non solo in molte altre aree degli Stati Uniti e del Canada, ma anche nell'America meridionale (comprese le isole Falkland), nel Sud dell'Africa, in varie regioni asiatiche e in Nuova Zelanda. In Europa, dove è presente dal 1884, la specie è irregolarmente distribuita e adattata in molte zone, ma è frequente soprattutto in Scandinavia.

La prima introduzione in Italia sembra risalire al 1891, nel Lago d'Idro. In molti casi il salmerino di fonte pare sostenere con difficoltà la competizione con i salmonidi autoctoni presenti nelle zone di immissione, in particolare con la trota fario; ciò impedisce il costituirsi di popolazioni stabili e ne determina spesso la scomparsa in breve tempo dai corsi d'acqua in cui viene introdotto, tanto che - fatta eccezione per alcune acque correnti dei bacini superiori dell'Isarco e della Rienza in Alto Adige - in genere il suo rinvenimento in acque libere è sporadico e legato alle politiche di semina delle Amministrazioni locali. Migliori risultati hanno dato le immissioni effettuate nei laghi, dove il salmerino rispetto alla trota sembra collocarsi a profondità maggiori. La specie pare prestarsi particolarmente bene al popolamento di bacini naturali e artificiali montani in cui non siano presenti altri salmonidi: in questi ambienti appare a suo agio, dando luogo a popolazioni vitali anche a quote elevate. Solo in condizioni particolarmente severe per le basse temperature e la marcata oligotrofia la specie mostra un accrescimento rallentato: in stazioni delle Alpi piemontesi situate attorno ai 2700 m s.l.m. si sono infatti osservati individui di 6-7 anni d'età ancora sessualmente immaturi e con una lunghezza attestata attorno ai 25 cm. Tale misura in



Lago di Avostanis (Alpi Carniche, Friuli Venezia Giulia)

condizioni normali viene raggiunta al secondo-terzo anno, età cui i maschi pervengono solitamente alla maturità sessuale (le femmine la raggiungono di norma l'anno successivo).

Attualmente nel nostro Paese esistono popolazioni acclimatate in vari bacini lacustri delle Alpi (es. laghi di Combal e Laures in Val d'Aosta, Lago Nero in Val di Viù, diversi piccoli laghi d'alta quota nella zona del Gran Paradiso, Laghetto di Pramorio nelle Alpi Carniche) e dell'Appennino settentrionale (es. Lago Santo Parmense).

Nei luoghi d'origine, esemplari di questa specie possono eccezionalmente raggiungere gli 80 cm di lunghezza e superare i 5 kg di peso; da noi raramente vengono superati i 45 cm, con pesi massimi attorno al chilogrammo. Dal punto di vista estetico il salmerino di fonte è per molti il più bel pesce presente nelle acque dolci italiane. Morfologicamente è assai simile a *Salvelinus alpinus*, ma la livrea - particolarmente appariscente - consente un'identificazione immediata. Il colore di fondo è verde-bruno-violaceo, ornato sui fianchi da fitte macchie rotonde giallastre e da più radi puntini rossi o rosati circondati da un alone azzurro. Sul dorso un disegno irregolare origina caratteristiche vermicolature che si estendono alle pinne dorsali e, in parte, alla caudale; complessivamente il tutto appare come una sorta di doratura variegata. Il ventre è biancastro, con sfumature rosa-arancio. Le pinne pari e l'anale, anch'esse di colore arancio, hanno il bordo anteriore bianco, doppiato da una linea nera. Come nel salmerino alpino, in epoca riproduttiva le tinte dell'abito divengono più marcate, in particolare nei maschi, e le parti inferiori del corpo, pinne comprese, assumono una magnifica colorazione rossa; nei maschi più grandi inoltre si fa evidente la deformazione a uncino della mandibola.

La riproduzione avviene tra ottobre e dicembre, su fondali ghiaiosi a bassa profondità. Ogni femmina depone da 2000 a 3500 uova per chilogrammo di peso. Le uova, che vengono ricoperte di ghiaia da colpi di coda della femmina, sono grandi (diametro dai 3,5 ai 5 mm) e ricche di vitello, e hanno un tempo di schiusa di 500 gradi-giorno; le temperature, attorno ai 5°C, comportano un periodo di incubazione di oltre tre mesi.

Il salmerino di fonte riesce di norma a riprodursi anche in acque non correnti, purché fredde e ossigenate. Per le trote ciò è molto più raro, e il bisogno di portarsi in acque correnti per la riproduzione costituisce certamente un fattore limitante la presenza di questi pesci nei bacini lacustri alto-montani, soprattutto in quelli situati ad altitudini elevate. Il limite altitudinale di riproduzione accertato per la trota fario (*Salmo [trutta] trutta*) nei ruscelli delle nostre Alpi è attorno ai 2400 m, ma è possibile che - nei periodi climaticamente favorevoli - esemplari si spingano più in alto, raggiungendo tramite l'emissario i laghi posti a quote maggiori. Sembra però accertato che condizioni favorevoli di temperatura, ossigenazione, profondità e granulometria del fondo consentano ecce-

zionalmente la riproduzione della trota fario in specchi lacustri, anche a quote più elevate rispetto al limite sopra citato. Similmente a quanto avviene nei grandi bacini prealpini, anche qualche lago alpino di buona profondità ed estensione può ospitare popolazioni stanziali di trote cosiddette "lacustri": si tratta di ecotipi di *Salmo trutta* caratterizzati da una livrea "pelagica" - grigio metallica sul dorso e argentea sui fianchi - che in genere raggiungono taglie ragguardevoli in ragione del maggior grado di trofia di queste acque rispetto ai ruscelli immissari ed emissari.

Secondo alcuni ittiologi, le popolazioni di trote dei laghetti alpini sarebbero comunque per lo più di origine alloctona. In effetti, le dilaganti "semine" di trota a sostegno della pesca sportiva hanno portato all'introduzione di questi pesci in buona parte d'Italia, anche in corpi idrici che non li avevano mai ospitati, con impatti spesso negativi su elementi faunistici residenti. Queste introduzioni hanno per protagonista generalmente la trota fario, ma - pur meno frequentemente che in un recente passato - ad essere seminata è anche la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*), in relazione alla sua grande diffusione nelle piscicoltura e al suo minor costo di mercato, dovuti alla maggior velocità di accrescimento rispetto alle trote europee. L'iridea è infatti la trota che tutti siamo abituati a vedere sui banchi di vendita delle pescherie. La specie, originariamente distribuita con popolazioni sia stanziali che migratrici anadrome nei fiumi del versante pacifico del Nord America e dell'Asia nord-orientale, è stata importata per la prima volta in Europa attorno al 1880, conoscendo subito una



Sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*)

grande diffusione. Anche se in alcuni luoghi la sua introduzione ha dato luogo a popolazioni selvatiche, l'acclimatazione di questa trota nelle acque del Vecchio Continente si è rivelata difficile; anche in Italia i casi di riproduzione in acque libere sono pochi e localizzati. La sua presenza nei laghi d'alta quota quindi è in genere temporanea e legata alla politica di semina delle amministrazioni locali e degli organi preposti alla gestione della pesca.

Come si è detto, la produttività molto bassa di questi ambienti accentua i fenomeni di competizione; i salmonidi fin qui citati hanno nicchie ecologiche largamente sovrapposte - quando non addirittura coincidenti - e la loro presenza in un singolo laghetto in quota è spesso limitata ad un'unica specie; a questa si accompagnano talvolta una o due specie di piccola taglia, che assumono giocoforza il ruolo di pesce-foraggio. La più frequente fra queste è la sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*), nota per essere stata usata da Karl von Frisch nei suoi studi sulle capacità uditive dei pesci. Si tratta di un ciprinide di ridotte dimensioni e spiccato gregarismo; ha un ampio areale euro-asiatico ed è indigeno nell'Italia settentrionale, dove risulta irregolarmente distribuito in rapporto alle sue esigenze di buona qualità ambientale. Richiede acque piuttosto fresche e con buona ossigenazione, prediligendo i tratti medio-alti dei corsi d'acqua e le risorgive del piano.

Nei laghi montani e alto-montani, dove è visibile spesso in grandi sciame, la sua presenza secondo molti Autori sarebbe dovuta a immissioni anche accidentali (frammista ad altro materiale ittico introdotto - segnatamente salmonidi - oppure in conseguenza dell'uso che ne fanno i pescatori come esca viva). I limiti altitudinali raggiunti sono elevati: la sanguinerola è segnalata ad esempio nel lago del Gran San Bernardo (Val d'Aosta, 2472 m) e nel lago di Cima d'Asta (Trentino, 2457 m), ma sono molto numerosi i bacini lacustri di tutto l'arco alpino che ospitano la specie. In questi particolari biotopi la possibilità che possano costituirsi popolazioni stabili è legata fra l'altro al fattore temperatura, che deve poter raggiungere, almeno in qualche ansa con acque basse del sottoriva, il valore soglia di 12°C, necessario perché possa avvenire la riproduzione. Quest'ultima ha luogo in luglio-agosto e risulta ovviamente ritardata e accorciata rispetto alle acque del piano; ciononostante sono possibili ovodeposizioni ripetute, che avvengono su fondali di ghiaia o ciottoli. Ogni femmina produce complessivamente nell'arco della stagione riproduttiva da 200 a 1500 uova del diametro di 1,5 mm, che in queste acque fredde schiudono in 8-10 giorni.

L'accrescimento è lento, nonostante una dieta opportunistica e non specializzata che può comprendere zooplancton, larve e adulti di insetti, crostacei bentonici, e anche avannotti e uova di pesci; non di rado lo spettro alimentare si amplia a comprendere una componente vegetale, costituita soprattutto da alghe filamentose e detrito. Le basse capacità trofiche dell'ambiente si traducono nel raggiungimento di taglie ridotte rispetto alle acque del piano, con

lunghezze massime che di rado superano gli 8 cm. Le dimensioni maggiori sono appannaggio delle femmine, che risultano anche più longeve, superando con una certa frequenza il 4° anno d'età. Il rapporto sessi è normalmente di 2 a 1, anch'esso a favore delle femmine.

Pure la sanguinerola mostra un evidente dimorfismo sessuale nel periodo riproduttivo: nei maschi le tonalità giallastre o brunastre dell'abito cedono il posto a un verde-blu metallico che ammantava dorso e fianchi; su questi ultimi, percorsi da una sottile banda dorata longitudinale, spicca una evidente serie di macchie trasversali scure, mentre la regione giugulare e la base delle pinne pari e dell'anale divengono di un vivo rosso sangue che rende ragione del nome italiano di questo pesce. Nella femmina compare solo un arrossamento del ventre, mentre entrambi i sessi presentano sul capo i cosiddetti "tubercoli nuziali".

Altra specie che fa da corteggio ai salmonidi è lo scazzone (*Cottus gobio*), ampiamente diffuso in Europa ad esclusione delle regioni poste più a sud. In Italia è presente nei tributari alpini del Po fino a circa 1200 m di altitudine, mentre manca in quelli appenninici con l'eccezione dell'Orba (affluente della Bormida), dello Scrivia e di alcuni corsi minori dell'alto bacino del Panaro. Vive anche nei tributari alpini dell'Alto Adriatico ed è presente nella zona dei fontanili padano-veneti e friulani, soprattutto nelle aste immediatamente a valle della risorgenza. Nell'Appennino centrale è presente con popolazioni isolate, distribuite fino alle Marche sul versante adriatico e fino all'alto bacino del Tevere sul versante tirrenico; manca nelle regioni meridionali.



Scazzone (*Cottus gobio*)

Lo scazzone è presente anche nei grandi laghi subalpini dell'Italia settentrionale e in diversi bacini lacustri alto-montani. In questi ambienti, ove si mantiene di norma in acque basse vicino alla sponda, raggiunge limiti altitudinali nettamente più elevati che non nelle acque correnti. Citiamo due segnalazioni, per la verità molto datate, relative a località situate a quote ben superiori ai 2000 m: a titolo di esempio citiamo il lago Fallere (2415 m) in Val d'Aosta e il lago Bombasel (2267 m) in Trentino. Segnalazioni di presenza in laghi a quote comprese tra i 1200 e i 2000 m vengono comunque da molte località dell'arco alpino.

La penetrazione in Italia sembra relativamente recente, in quanto non sono state riscontrate differenze morfologiche significative in analisi comparative tra esemplari di origine danubiana e italiana. Analogamente ad altre specie frigidofile sopra citate (*Salmo trutta*, *Phoxinus phoxinus*) l'ingresso è probabilmente avvenuto tramite catture fluviali intercorse tra le testate di bacini cisalpini e transalpini. Durante le massime glaciazioni (e la conseguente estensione del bacino del Po) la specie ha poi raggiunto tutti i bacini del distretto padano-veneto, penetrando in seguito nel distretto tosco-laziale (bacini del Serchio, dell'Arno e del Tevere) verosimilmente ancora per fenomeni di cattura fluviale avvenuti tra corsi di opposti versanti appenninici durante il Pleistocene.

Lo scazzone ha costumi strettamente bentonici: vive infatti costantemente appoggiato sul fondo. È attivo nelle ore crepuscolari e notturne, mentre di giorno si mantiene celato tra i sassi del fondale. Si nutre di macroinvertebrati bentonici (in particolare di crostacei, larve di insetti e anellidi) nonché di uova e avannotti sia della propria che di altre specie ittiche, in particolare trote e salmerini. Per contro rappresenta una preda consueta per le trote adulte, dando luogo ad un'associazione caratteristica, in particolar modo dei torrenti di montagna, dove trota e scazzone sono spesso le uniche due specie presenti. Nelle acque alto-montane la crescita è lenta e la maturità sessuale posticipata, ma in compenso gli scazzoni raggiungono qui dimensioni maggiori (fino a 16 - eccezionalmente 18 - cm di lunghezza) e hanno un ciclo vitale più lungo (fino a 10 anni) rispetto ai conspecifici che vivono nei produttivi corsi del piano.

Nei laghi d'alta quota la riproduzione avviene al terzo o quarto anno d'età. In queste acque vi è una sola deposizione per stagione riproduttiva, che coincide con la tarda primavera. Ogni femmina depone fino a 600 uova di color giallo



Trota fario (*Salmo [trutta] trutta*)

rossastro e del diametro di 2-2,5 mm che vengono fatte aderire alla superficie inferiore di uno dei ciottoli del fondo, che funge da tetto di una sorta di tana scavata dal maschio. Quest'ultimo, che assume comportamenti territoriali, può indurre più di una femmina a deporre nel suo rifugio, e in seguito provvede a sorvegliare e difendere attivamente le uova fino alla schiusa, che avviene dopo circa 4 settimane. Fra i due sessi esiste dimorfismo, anche se non marcato: i maschi hanno capo più largo e pinne ventrali più lunghe, e nel periodo riproduttivo mostrano una colorazione più intensa rispetto alle femmine.

Le specie finora citate (a parte la trota iridea, della cui non acclimatazione si è detto) sono quelle in grado di compiere l'intero ciclo vitale nelle condizioni limite degli ambienti qui considerati. Ciò non toglie che in questi bacini possano essere rinvenute altre specie - come l'alborella (*Alburnus alburnus*), la tinca (*Tinca tinca*), il triotto (*Rutilus erythrophthalmus*), il cavedano (*Leuciscus cephalus*) - che vi vengono occasionalmente immesse perché qualcuno le ritiene "di lago". Ove non soccombano in tempi brevi per stress termico, predazione, mancanza di cibo adatto, questi pesci si limitano a sopravvivere senza possibilità alcuna di giungere alla riproduzione, di norma preclusa dal mancato raggiungimento dei valori-soglia di temperatura.

Qualche possibilità in più queste componenti ciprinicole della comunità ittica - per altro sempre frutto di immissioni - possono averle nei laghi di quota del centro-sud della penisola, dove anche l'ambiente montano mostra una facies più meridionale, con condizioni climatiche e trofiche relativamente meno severe.



Tinca (*Tinca tinca*)

■ Erpetofauna

Anfibi. Fra gli anfibi di questi ambienti, i più frequenti sono il rospo comune (*Bufo bufo*), il tritone alpino (*Triturus alpestris*) e la rana montana (*Rana temporaria*). Essi usano questi bacini per ragioni riproduttive e sono diffusi fino alle massime quote sia nei laghetti alpini privi di pesci, sia nei bacini montani dell'Appennino.

Mentre il rospo comune è diffuso in tutt'Italia, la rana montana si spinge a Sud sino ai Monti della Laga e il tritone alpino raggiunge la Catena Costiera Calabra, pur con una distribuzione molto frammentata. Questo urodelo nel nostro paese è differenziato in varie sottospecie: sulle Catena Alpina vive la forma nominale, sulle Alpi Apuane la variopinta sottospecie *Triturus alpestris apuanus*, mentre sulla Catena Costiera Calabra vive una sottospecie descritta soltanto da poco tempo, chiamata *Triturus alpestris inexpectatus*, endemica di questi monti.

Sulle Alpi orientali, in alcuni laghetti alpini, il tritone alpino può coabitare con il tritone punteggiato d'oltr'alpe (*Triturus vulgaris vulgaris*) e con il tritone crestatto italiano (*Triturus carnifex*). In varie zone delle Alpi e degli Appennini quest'ultimo si spinge sino ad altitudini elevate, talora superando i 1500 metri.

In alcuni bacini di quota dell'arco alpino è talora presente l'ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata*), che sulle Alpi orientali può a volte superare i 1800 metri. Il fatto non è particolarmente comune, tanto che tutte le popolazioni di



Tritone crestatto italiano (*Triturus carnifex*)

ululone poste al di sopra dei 1000 metri sono considerate di particolare pregio conservazionistico nell'ambito europeo.

Sugli Appennini la specie è vicariata dall'affine *Bombina pachypus*, endemica d'Italia, che mostra analoghe tendenze ecologiche e sfrutta alcune zone umide di discreta quota per scopi riproduttivi. Anche il rospo smeraldino (*Bufo viridis*) tende a rarefarsi salendo di quota, ma in diverse zone delle Alpi raggiunge e supera i 1500 metri, formando popolazioni talora abbastanza dense (Piani di Erera-Brendol, Belluno), ma quasi sempre molto isolate.

Sulla Catena Appenninica anche la rana agile (*Rana dalmatina*) e la rana italica (*Rana italica*) si spingono talora sino a quote abbastanza elevate, ma difficilmente utilizzano i bacini cacuminali per riprodursi. La rana agile preferisce i boschi di latifoglie, mentre la rana italica predilige le fresche valli incise dai torrenti appenninici.

Le rane verdi del sistema L-E (*Rana synklepton esculenta*) sulle Alpi non raggiungono i laghetti alpini. In genere esse si fermano a quote inferiori, raramente raggiungendo i 1000 metri di altitudine, ma sull'Appennino la situazione è differente. Su queste montagne vivono rane verdi del sistema ibridogenetico B-H (*Rana synklepton hispanica*), endemico di queste montagne, che si possono talora spingere anche oltre i 1000 metri di quota, colonizzando i più differenti bacini montani. Questi animali sono caratterizzati da una colorazione particolarmente variabile, tra il verde, il bruno e il giallo, con sacchi vocali biancastri.



Rana montana (*Rana temporaria*)

Rettili. Fra i rettili che frequentano le rive dei bacini lacustri più elevati della Catena Alpina spicca la biscia d'acqua dal collare (*Natrix natrix*), che in questi habitat rivolge le sue attenzioni predatorie verso i girini di rana montana e rospo comune e verso le larve di varie specie di urodeli.

Sulle sponde di questi bacini, spesso impaludati, trova un habitat ideale anche la lucertola vivipara (*Zootoca vivipara*), un piccolo lacertide igrofilo che vive sull'arco alpino e in alcune zone prospicienti della Pianura Padana. La specie è distribuita in un enorme areale che va dall'Europa occidentale alle coste pacifiche della Russia, ad oriente almeno sino alla Penisola di Sakhalin, in Siberia. A Nord l'areale della specie tocca il 70° parallelo di latitudine, mentre verso Sud raggiunge le catene montuose dell'Europa centro-meridionale e dell'Asia centrale, coprendo anche parte della Cina nord-orientale. Nella porzione meridionale dell'areale, tuttavia, la specie ha una chiara vocazione montano-alpina, e in queste zone la sua distribuzione è molto frammentata. In gran parte dell'areale la specie è ovovivipara. Le popolazioni di molte zone dell'Europa meridionale, però, sono ovipare (Pirenei ed Alpi sud-orientali), e quelle che vivono in parte della Slovenia, dell'Austria e dell'Italia sono particolarmente arcaiche. Esse sono state ascritte alla nuova sottospecie *carniolica* (la lucertola vivipara della Carniola) che per le sue peculiari caratteristiche genetiche potrebbe meritare lo stato specifico. Questa forma ovipara nel Nord Italia è presente dal livello del mare ai 1900 metri di quota, ed è molto diffusa sulle montagne dell'Italia nord-orientale. Sulle Alpi italiane la forma



Lucertola vivipara della Carniola (*Zootoca vivipara carniolica*)

Marasso (*Vipera berus*)

ovovivipara si rinviene invece nelle zone che furono più glacializzate nel corso del Pleistocene. Nonostante le due sottospecie possano coabitare sulla stessa montagna, non sono noti casi di ibridazione naturale fra di esse e ciò sostiene l'ipotesi che si tratti di due specie separate. In questa specie, comunque, l'ovoviviparità è un'acquisizione recente. Questa modalità riproduttiva probabilmente comparve e si propagò fra l'inizio e la seconda metà del Pleistocene in un'area situata fra la Russia meridionale e la Penisola Balcanica. Nelle successive fasi fredde del Quaternario le popolazioni ovovivipare di questo lacertide hanno invaso gran parte del sub-continente europeo, mantenendosi separate dalle

più antiche popolazioni ovipare dei Balcani e dell'Italia settentrionale. Alla fine delle glaciazioni queste ultime hanno seguito il ritiro dei ghiacci, invadendo gran parte della regione Friuli Venezia Giulia, l'Austria orientale, la Slovenia e alcune aree del Piemonte alpino e prealpino. La tensione distributiva fra le due forme è ancor oggi evidente in ampie zone dell'arco alpino, con un quadro distributivo ancora poco chiaro. La lucertola vivipara mostra una decisa predilezione per le zone umide che si formano ai lati dei bacini alpini, tanto che in questi habitat è possibile incontrare sia la forma ovipara, sia quella ovovivipara, talora fino alle massime quote localmente raggiungibili.

In questi habitat montano-alpini la lucertola vivipara coabita con il marasso (*Vipera berus*), che la predica costantemente. Si tratta di una vipera largamente distribuita in Europa centro-settentrionale. A settentrione la specie si spinge quasi a superare il Circolo Polare Artico, a oriente raggiunge le coste pacifiche fino alla Penisola di Sakhalin e alla Corea settentrionale. Alle nostre latitudini essa mostra una spiccata preferenza per le quote elevate, tanto che sull'arco alpino si può incontrare dai 600 metri alle massime quote localmente raggiungibili.

Questa eclettica vipera ha una livrea estremamente variabile. I maschi in amore sono per lo più bianchi e neri, con il dorso vivacemente disegnato da una greca molto contrastata, mentre le femmine tendono al bruno. Gli esemplari melanici, tuttavia, sono molto frequenti, talora costituendo il 30% delle popolazioni di quota.

■ Avifauna

All'avifauna vengono dedicate solo alcune brevi note, visto il ridottissimo numero di uccelli strettamente legati agli ambienti acquatici di altitudine, fra i quali vanno ricordati il merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*) e la ballerina gialla (*Motacilla cinerea*). Il primo richiede però le acque correnti di torrenti e ruscelli, perciò la sua presenza sulle sponde lacustri è strettamente limitata alle bocche di eventuali immissari ed emissari. Nella sua dieta, che comprende soprattutto macroinvertebrati acquatici, compaiono con regolarità uova e stadi giovanili di pesci. È molto legato alla zona di nidificazione, che abbandona solo in inverni particolarmente sfavorevoli compiendo movimenti erratici verso quote inferiori. La specie non è particolarmente vincolata a determinate fasce altitudinali: risulta maggiormente diffusa tra i 500 e i 1700 m ma - in special modo nelle Alpi occidentali - sono segnalate nidificazioni almeno fino a 2200 m.

Anche la ballerina gialla non risulta particolarmente condizionata nella sua distribuzione dall'altitudine: nidifica fin oltre i 2000 m e semmai la sua presenza si fa più localizzata scendendo al piano. Il nido viene posto in prossimità dell'acqua, in anfratti freschi e ombrosi delle rive dei torrenti e dei laghi. Le sponde dei corpi idrici vengono frequentate anche dalla congenere ballerina bianca (*Motacilla alba*): si tratta però di una specie praticamente ubiquista, visibile in un'ampia varietà di ambienti e anche nei centri urbani.

Merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*)

Prispolone (*Anthus trivialis*)

La presenza di altre specie ornitiche sulle rive dei laghi d'alta quota è, in ultima analisi, determinata soprattutto dall'ambiente circostante.

Così in ambienti di ripa freschi, umidi e cespugliati potranno comparire, e anche nidificare, lo scricciolo (*Troglodytes troglodytes*), il pettirosso (*Erithacus rubecula*), il beccafico (*Sylvia borin*).

Quest'ultimo è ancor più frequente nella fascia degli arbusti contorti e nei lariceti radi al limite della vegetazione arborea; qui nella bella stagione sulle sponde possono comparire - specialmente di buon mattino per l'abbbevata e un eventuale veloce bagno - il fringuello (*Fringilla coelebs*), l'organetto (*Carduelis flammea*), il venturone (*Serinus citrinella*), il lucherino (*Carduelis spinus*), il ciuffolotto (*Pyrrhula pyrrhula*), il fanello (*Carduelis cannabina*), il crociere (*Loxia curvirostra*), la passera scopaiola (*Prunella modularis*), la cesena (*Turdus pilaris*), la tordela (*Turdus viscivorus*), solo per citare alcune delle specie più comuni.

Le zone a prateria aperta veicolano la presenza dello spioncello (*Anthus spinoletta*), i prati su versanti soleggiati con affioramenti rocciosi favoriscono la frequentazione di zigolo muciatto (*Emberiza cia*), culbianco (*Oenanthe oenanthe*), codirosso spazzacamino (*Phoenicurus ochruros*) e codirossone (*Monticola saxatilis*); le zone a torbiera evoluta con cespugli e alberi portano sulle sponde dei residui specchi d'acqua adiacenti, il prispolone (*Anthus trivialis*), lo zigolo giallo (*Emberiza citrinella*), lo stiacchino (*Saxicola rubetra*). A quote superiori, le rive detritiche dei laghi di circo - incastonati fra rupi, ghiaioni e pareti rocciose - vedono i voli del sordone (*Prunella collaris*) e del fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*).

Resta da dire che questi ambienti, come tutte le raccolte d'acqua (anche quelle di ridotte dimensioni), possono riservare incontri interessanti nei periodi di passo; in particolare, non è infrequente osservare qualche solitario limicolo in sosta. Fra tutti i possibili, una citazione per piro-piro piccolo (*Actitis hypoleucos*), piro-piro boschereccio (*Tringa glareola*) e piro-piro culbianco (*Tringa ochropus*).

Ballerina gialla (*Motacilla cinerea*)Piro-piro boschereccio (*Tringa glareola*)

I laghetti di quota sono sfruttati anche da numerosi micromammiferi, che costituiscono il motore energetico dei reticoli trofici di secondo e terzo livello. Tra i piccoli mammiferi strettamente legati agli specchi d'acqua di quota, talora sino ad elevate altitudini, devono essere anzitutto ricordati i toporagni acquaioli. Si tratta di due minuscoli insettivori semiacquatici dotati di un enzima salivare in grado di paralizzare piccole prede. Essi pesano poco più di 10 grammi, sono ricoperti di un folto pelame idrorepellente e si dividono l'habitat in maniera molto caratteristica. Il toporagno acquaiolo (*Neomys fodiens*) predilige le acque correnti che incidono le Alpi e gli Appennini (a Sud almeno fino all'Abruzzo). Fortemente territoriale, è capace di raggiungere fonti di alimento ancorate al fondo, nuotando attivamente ed immergendosi anche fino a mezzo metro di profondità. Sul fondo di ruscelli e torrenti montani questo insettivoro ricerca varie specie di invertebrati bentonici, ma è capace di aggredire anche pesciolini ed anfibi, che uccide col suo morso velenoso. Il toporagno acquatico di Miller (*Neomys anomalus*) nuota invece meno attivamente e preda soprattutto invertebrati che ricerca in pozze di pochi centimetri o nei ristagni d'acqua che si formano ai margini dei maggiori bacini, zone spesso appena coperte da un velo d'acqua. La specie ha tendenze gregarie, tollera la presenza di conspecifici e sopporta discrete concentrazioni di animali. Con l'aumento di quota la specie tende a rarefarsi notevolmente, ma può coabitare con il toporagno acquaiolo fino a quote consi-



Toporagno acquaiolo (*Neomys fodiens*)

derevoli, sia sull'Arco Alpino, sia sugli Appennini. A Sud il toporagno acquatico di Miller raggiunge l'estremo meridione d'Italia, ma gli animali che abitano le Serre Calabre hanno una taglia maggiore e sono particolarmente bicromatici, richiamando molti caratteri tipici del toporagno acquaiolo.

Fra i roditori delle zone umide che spesso circondano i laghetti alpini occorre citare l'arvicola agreste (*Microtus agrestis*), un roditore che predilige le praterie sortumose non pascolate di quota. Nella porzione centro-orientale delle Alpi italiane la specie è abbastanza frequente sugli argini impaludati dei laghetti alpini, dov'è possibile talora osservarlo attraversare a nuoto piccoli specchi d'acqua. Questa arvicola, tuttavia, vive per lo più fra le alte erbe che coprono le rive, dove scava sistemi di tane che vengono spesso sommerse dall'acqua. Un'altra arvicola di queste zone è l'arvicola terrestre (*Arvicola terrestris*). Alle maggiori quote delle Alpi sud-orientali vive la sottospecie *scherman*, una specie praticola notturna e fossoria, che si reca all'acqua soltanto eccezionalmente, ma i laghetti di quota dell'Appennino sono frequentati abbastanza spesso dalla forma meridionale dell'arvicola terrestre. Mentre sulle Alpi la puzzola (*Mustela putorius*) è più legata ai fondovalle forestati, le aree umide di quota dell'Appennino sono una grossa attrazione per questo mustelide, che in questi ambienti aridi e drenati ricerca anfibi e roditori.

Fra i chiroteri che sono stati segnalati nei pressi di bacini di quota si possono ricordare il pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*), il serotino bicolore (*Vespertilio murinus*) e il serotino di Nilsson (*Amblyotus nilssonii*), due specie frigofile a distribuzione nord-europea, che sull'arco alpino vivono a quote piuttosto elevate. Sull'Appennino i laghetti montani sono frequentati da diverse specie. Le più abbondanti sono quelle del genere *Myotis*, fra le quali la più comune è forse *Myotis daubentonii*, un piccolo pipistrello abituato a cacciare sul pelo dell'acqua. Gli ungulati che ricorrono ai bacini montani per soddisfare le proprie esigenze di abbeverata sono i cinghiali (*Sus scrofa*), che sulle Alpi sono ormai arrivati alle massime quote, e varie specie di cervidi (cervi e caprioli) e bovidi (camosci e stambecchi). In ambienti d'alta quota i bacini svolgono infatti una funzione piuttosto importante per quanto concerne il bilancio idrico ed energetico di numerose specie di ungulati selvatici. Ciò si traduce sia nell'offerta di abbeverata, sia di alimento, sia nella possibilità di sostenere i bagni di fango, tanto apprezzati da cervi e cinghiali. Nelle torbiere e nelle praterie impaludate che si formano lungo le rive dei bacini è facile individuare le tracce di questi grandi animali, nonché i caratteristici "insoglia", le pozze da essi utilizzate per rotolarsi nel fango.



Pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*)



Aspetti di conservazione e gestione

MARCO CANTONATI · LUCA LAPINI · SERGIO PARADISI · FABIO STOCH

123

■ Il degrado dei laghi d'alta quota

Nell'immaginario comune i laghi d'alta montagna sono per lo più considerati ambienti remoti e quindi in condizioni pressoché naturali ed integre in quanto sottratti agli impatti derivanti dalla presenza e azione dell'uomo. Questi laghi sono in effetti meno influenzati dalle attività umane rispetto alla maggioranza degli specchi d'acqua di fondovalle o pianura, ma sono tuttavia



Il lago artificiale del Venerocolo (Adamello) sfrutta come sponda una morena laterale

soggetti a tutta una serie di impatti diretti e indiretti che ne alterano le caratteristiche fisiche, chimiche, biologiche e talora persino morfologiche. Tra gli impatti più importanti vi sono la frequentazione turistica, la modificazione della morfologia per l'utilizzo per scopi idroelettrici o come risorsa idropotabile, l'immissione di specie ittiche aliene, l'apporto di sostanze nutritive da malghe o rifugi (eutrofizzazione), l'apporto di sostanze acide (acidificazione) e di altri inquinanti (metalli pesanti, composti organici) con le deposizioni atmosferiche, l'aumento della radiazione ultravioletta causata dalla riduzione dell'ozono stratosferico e l'alterazione della temperatura e del regime idrologico a causa del cambiamento climatico globale (*global change*).

■ Le modificazioni della morfologia lacustre

Un numero elevato di laghetti d'alta quota è stato oggetto di lavori di "sistemazione" per utilizzo a scopo idroelettrico. Nei casi estremi, ciò ha comportato la trasformazione dei laghi da naturali a semi-artificiali mediante la realizzazione di dighe, con conseguenti drastiche variazioni di livello che impediscono l'insediarsi di comunità biologiche sulle rive. I flussi d'acqua dovuti a queste modificazioni generano una situazione ambientale lontana da quella lacustre originaria e si viene a creare un sistema artificiale con caratteristiche che si potrebbero definire intermedie tra quelle dei fiumi e dei laghi. Accanto a queste modificazioni di rilevante impatto ambientale, sono state realizzate numerose opere

Lago dei Colli di Ancoccia (Alpi Cozie, Piemonte)

La pericolosità dei laghi d'alta quota può essere connessa sia a bacini naturali che artificiali; in entrambi i casi, è legata all'improvviso rilascio di grandi volumi d'acqua o ad ondate di piena. Tra i laghi d'alta quota quelli epiglaciali, di sbarramento glaciale e quelli posti ai margini delle lingue glaciali possono scaricarsi inaspettatamente ed in modo rapido; anche gli altri laghi si possono svuotare, ma in tempi più lunghi per cui il rischio risulta inferiore. In tutti i casi la causa è legata al cedimento più o meno rapido dello sbarramento. Altro motivo di rischio è dato dalle ondate di piena che si possono verificare in tutti i bacini se in essi crolla una porzione di roccia o di ghiaccio.

Lo svuotamento di un lago epiglaciale, di sbarramento glaciale e marginoglaciale è per lo più legato alle variazioni fisico-dinamiche del ghiacciaio, alla modificazione della superficie topografica che sostiene il bacino, all'apertura di vie di deflusso endoglaciali (crepacci) o allo scioglimento di effimeri iceberg che possono occludere temporaneamente naturali punti di drenaggio (inghiottitoi, crepacci, ecc.). Il deflusso delle acque può avvenire superficialmente o per via endoglaciale.

Uno spettacolare esempio di rischio legato alla formazione di un lago epiglaciale si è manifestato, nei mesi estivi degli anni 2001 e 2002, sul dorso del ghiacciaio del Belvedere nel gruppo del Monte Rosa, minacciando il paese di Macugnaga, nell'alta valle Anzasca. Altri laghi d'alta quota che creano o hanno creato problemi di rischio sono il lago marginoglaciale del Rocciameione e il Lago del Miage, in Val d'Aosta. Il 9 agosto del 1996 dalla falesia in ghiaccio che costituisce uno dei margini dello specchio lacustre del Miage (vedi foto) si staccò un enorme blocco che cadendo nel lago provocò una grande ondata di piena.

La prevenzione dei danni generati dallo svuotamento di laghi d'alta quota posti in depressioni tra ghiaccio e roccia, tra ghiaccio ed argini morenici, tra ghiaccio e ghiaccio o generati per sbarramento da parte di una lingua glaciale, deve essere effettuata quando il volume di acqua accumulato non è eccessivo e dovrebbe prevedere un continuo monitoraggio. Quando questo monitoraggio non è possibile per motivi logistici si procede ad abbassamenti artificiali della soglia o alla realizzazione di manufatti di contenimento.

Un interessante esempio di questi manufatti si può osservare nell'Alta Val Martello, in Alto Adige, dove sul finire del XIX secolo, per mitigare le terribili inondazioni che colpirono i paesi di Ganda e Martello, fu costruita una diga in pietra per creare una cassa di espansione contro i ripetuti svuotamenti del lago sbarrato dalla lingua della Vedretta del Cevedale, ubicata più a monte.



“minori” che consistono per lo più in un innalzamento significativo, ma contenuto (alcuni metri), del livello lacustre con costruzione di una soglia artificiale all'emissario rinforzata in calcestruzzo e inserimento di un tubo per l'emungimento di quantità variabili di acqua. È facile immaginare che, in fase di realizzazione, queste opere possono avere comportato (intenzionalmente o accidentalmente) eventi traumatici per il laghetto alpino, in particolare svasi o sommersione delle vecchie rive.

Le alterazioni della morfologia incidono profondamente sui popolamenti vegetali e animali dell'ecosistema lacustre. Le piante superiori non trovano più zone di riva adatte al loro insediamento, quali gli accumuli di sedimento fine e di detrito organico tipicamente più fre-

quenti ed estesi in prossimità dell'emissario. I licheni acquatici e semiacquatici devono ricolonizzare le fasce di riva che tipicamente occupano in relazione al livello dell'acqua: è un processo che richiede molti decenni a causa dei tassi di crescita per lo più millimetrici dei talli lichenici. Più rapida è invece la riconquista della nuova linea di riva da parte di microalghe e cianobatteri bentonici, caratterizzati da cicli vitali brevi, e adattati al livello lacustre comunque soggetto ad una certa variabilità dei piccoli laghi d'alta quota. Naturalmente, anche i popolamenti fitoplanctonici vengono influenzati da questi interventi, nel caso esista un tubo che prelevi acqua dal lago. L'entità del disturbo dipende fortemente dalla profondità alla quale è stato collocato il tubo di spillamento, dal momento che le microalghe planctoniche si collocano in posizioni preferenziali variabili nel tempo nella colonna d'acqua. Le alghe planctoniche paiono tuttavia generalmente risentire molto meno di questi impatti e questo si deve senza dubbio ai tempi molto brevi di riproduzione e al fatto che la maggioranza delle specie produce forme di resistenza (per esempio cisti) che favoriscono la ricolonizzazione dell'ambiente dopo eventi traumatici quali lo svuotamento accidentale del bacino. La possibilità di portarsi negli immissari o negli emissari per consentire l'accesso ai luoghi di frega è importante anche per la sopravvivenza delle popolazioni ittiche, in particolare salmonicole: nel caso di manomissione di immissari ed emissari le migrazioni riproduttive vanno garantite evitando gli sbarramenti o dotandoli di opportune scale di rimonta.



Un bacino artificiale per l'alimentazione dei cannoni per la neve programmata (Ciampac, Alba di Canazei)

■ L'immissione di specie ittiche alloctone

Nei laghi montani sono da tempo divenute frequenti le cosiddette "pratiche ittogeniche" che - nonostante le dichiarazioni di intenti e i millantati buoni propositi degli organi gestori - si traducono spesso unicamente in semine indiscriminate di salmonidi delle più svariate specie. In Italia il fenomeno si è reso particolarmente evidente a partire dagli anni '60 del secolo scorso, quando con il boom economico la pesca è divenuta uno sport di massa gestito da organizzazioni specializzate nell'amministrazione delle risorse ittiche e della pesca sportiva. Quasi ogni bacino lacustre perenne anche d'alta quota è stato "riempito" di pesce, anche se ne era del tutto privo, con l'intenzione di creare popolazioni ittiche da cui fosse in seguito possibile effettuare dei prelievi. I pesci sono uno dei maggiori pericoli per la delicata ecologia di questi habitat acquatici, essendo da soli capaci di banalizzarne gli equilibri, riducendone drasticamente la diversità biotica, già di per sé non molto elevata per questioni climatiche. L'introduzione della trota fario (*Salmo [trutta] trutta*) o di specie d'oltre oceano come la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) e il salmerino di fonte (*Salvelinus fontinalis*) portano - tanto più in corpi idrici di limitata estensione e ridotta trofia - all'innescare di fenomeni di competizione alimentare e di predazione a carico degli invertebrati e degli stadi giovanili o larvali delle specie locali di pesci e anfibi. Gli stessi ripopolamenti con *Salvelinus alpinus*, sul cui status di specie indigena in Italia molti ittiologi sollevano seri dubbi,



Laghi del Mandron (Gruppo dell'Adamello, Trentino Alto Adige)

andrebbero valutati con cautela, accertando la provenienza dei ceppi per limitare pericoli di inquinamento genetico ed evitando del tutto la loro immissione nei bacini lacustri ove storicamente non ne è stata accertata la presenza. Il divieto di immissione di materiale alloctono è anche sancito dalla legge - DPR 12 marzo 2003, n. 120 concernente l'attuazione della Direttiva Habitat.

La predazione dei pesci avviene a vista ed in particolare i giovani attaccano soprattutto le specie zooplanctoniche di taglia più grande, comprendenti filtratori come i cladoceri del genere *Daphnia* e copepodi calanoidi, che giocano un ruolo chiave nella rete alimentare delle acque libere del lago. Filtrando l'acqua per alimentarsi, questi organismi riescono a controllare lo sviluppo del fitoplancton: nel momento in cui l'abbondanza degli individui di queste specie viene ridotta dalla predazione selettiva da parte dei pesci immessi, i popolamenti algali si sviluppano in modo massiccio e conseguentemente le acque del lago vanno incontro ad un processo di eutrofizzazione.

Le immissioni di specie ittiche alloctone e le transfaunazioni (intendendo con questo termine i trasferimenti di elementi faunistici da un ambiente all'altro all'interno dei confini nazionali) costituiscono anche la più importante minaccia alla scarsa fauna ittica indigena dei laghi d'alta quota. Sono le popolazioni indigene, o acclimatate in tempi storici, di salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*), specie stenoecia a limitata vagilità, ad essere maggiormente minacciate. I massicci ripopolamenti con salmonidi pongono ovviamente pesanti problemi di predazione anche nei confronti di sanguinerola e scazzone, se pre-



Trota fario (*Salmo [trutta] trutta*)



Laghetto in Valle Aurina (Trentino Alto Adige)



I girini tappezzano il fondo di un laghetto alpino

senti. Infine, non è remota la possibilità che tali pratiche possano ingenerare emergenze di ordine sanitario nelle popolazioni ittiche residenti.

L'introduzione di salmonidi o ciprinidi nelle acque dei bacini montani interrompe inoltre l'attività riproduttiva degli anfibi, che nei rigidi e drenati ambienti culminali spesso trovano l'unica possibilità per riprodursi proprio in questi corpi idrici. L'interruzione delle

attività riproduttive si traduce in una drastica interruzione del trasferimento di energia lungo la catena alimentare dei laghetti alpini. Gli anfibi, infatti, hanno una strategia riproduttiva che si realizza con un'enorme produzione di uova e girini; questi ultimi sono erbivori e vivono raschiando la patina di alghe unicellulari che ricopre le rocce del fondo e la scarsa vegetazione delle rive. I girini tappezzano il fondo, crescono rapidamente e nel loro percorso verso la metamorfosi vanno incontro ad un'elevata mortalità, essenzialmente dovuta alla predazione. La funzione degli anfibi nei trasferimenti energetici degli ecosistemi acquatici di quota è notevole proprio per la grande biomassa dei loro stadi larvali, in grado di mettere a disposizione di una schiera di predatori acquatici, di detritivori e decompositori l'energia solare fissata dalle alghe unicellulari di questi bacini, altrimenti per lo più oligotrofici.

Dopo l'immissione di pesce nei maggiori laghetti in quota, gli abbeveratoi per il bestiame costruiti dai malgari costituiscono sovente la sola alternativa per la riproduzione degli anfibi. La recente evoluzione dell'economia rurale e il drastico cambiamento dei modelli agro-pastorali, tuttavia, ha sancito il definitivo tramonto della monticazione di quota e gli abbeveratoi hanno perduto (o stanno rapidamente perdendo) la loro funzione (economica e logistica) primaria. Senza le continue cure dell'uomo e senza il calpestio del bestiame portato in quota per la monticazione estiva, gli abbeveratoi si prosciugano rapidamente e in molte zone montane non sono più disponibili per gli amori degli anfibi. Così, per un imprevisto gioco di politica economica, il danno ecologico costituito dall'immissione di pesci nei bacini montani non viene più efficacemente mitigato dagli abbeveratoi per il bestiame. Essi tendono ovunque a scomparire e la contraddittoria opera dell'uomo decreta il rapido declino di delicati equilibri ecologici. Sulle Alpi sono soprattutto le corone prealpine prospicienti le pianure, aride e drenate, a vedere la drastica rarefazione delle popolazioni di anfibi, mentre sugli Appennini la situazione si innesta su una pregressa cronica povertà d'acque di superficie e il fenomeno è ovunque evidente.

■ L'eutrofizzazione delle acque

Non è raro che in prossimità dei laghi di alta montagna si trovino malghe e pascoli. La presenza del bestiame provoca naturalmente una fertilizzazione di una parte del bacino lacustre e quindi del lago stesso. Questo effetto si accentua molto se operazioni di gestione delle stalle (per esempio la pulitura) vengono eseguite con modalità che vanno a interessare direttamente eventuali corsi d'acqua immissari.

L'aumento nel contenuto di nutrienti delle acque del lago di montagna provoca non solo un incremento dei quantitativi di fitoplancton, ma anche un cambiamento nei gruppi algali dominanti. Alla tipica dominanza di crisofite, dinoflagellati e diatomee (nel caso di acque non acide) possono sostituirsi alghe verdi e cianobatteri. Alcuni generi di questo ultimo gruppo possono anche produrre tossine che devono essere tenute sotto stretto controllo nel caso in cui il lago funga da riserva idropotabile. Le fioriture massicce possono inoltre conferire colore e odore sgradevole alle acque, causando fenomeni di anossia. Va sottolineato però che questi sono casi estremi e, per fortuna, rari; molto comune è invece la situazione di una blanda influenza di diffuse attività di pascolo (peraltro ovunque in regressione ormai da decenni), senza danni rilevanti per i laghetti. Anche gli scarichi dei rifugi, che sono un'altra potenziale causa di eutrofizzazione dei laghi d'alta quota, sono ormai generalmente oggetto di campagne per la messa a norma del trattamento dei reflui.



Laghetto d'alta quota ricco di piante vascolari acquatiche

Una blanda eutrofizzazione può produrre una riduzione del numero e della varietà dei licheni della zona sommersa, probabilmente a causa della competizione con le alghe litorali (per esempio alcune alghe verdi filamentose) che si sviluppano in maniera più rigogliosa in presenza di nutrienti. Il maggior sviluppo del fitoplancton può inoltre sottrarre luce alle alghe di fondo che vivono a profondità maggiori, modificando la struttura di comunità che spesso includono specie rare.

I nutrienti non raggiungono necessariamente il lago d'alta quota tramite immissioni dirette di sostanza organica nel bacino. Ormai da alcuni decenni si registrano in laghi esenti da impatti diretti valori di azoto nitrico che, pur non essendo in assoluto elevati, sono al di sopra della media. Si è ormai dimostrato che questi valori sono da imputarsi all'aumentato carico di azoto apportato dalle deposizioni atmosferiche. Gli ossidi di azoto vengono generati da una serie di attività, tra le quali la più rilevante è il traffico veicolare. Questi ossidi vengono trasportati dalle correnti atmosferiche, convertiti in nitrato e ricadono in questa forma con le deposizioni, raggiungendo anche le località più remote. Discorso del tutto analogo si può fare per il solfato. In questo caso, tuttavia, la principale fonte di emissione di ossidi di zolfo è rappresentata da fumi industriali.

Grazie ad intese internazionali, i contenuti atmosferici di ossido di zolfo sono stati drasticamente ridotti negli ultimi anni, mentre sforzi sono programmati e in corso per il contenimento degli ossidi di azoto.



Laghetto verde per proliferazione di microalghe

■ L'acidificazione delle acque

Dall'inizio degli anni ottanta, solfati e nitrati erano diventati assai noti in Europa Centrale e nei paesi alpini in connessione ad un'altra problematica ambientale: l'acidificazione. Solfato e nitrato in acqua si comportano infatti notoriamente come acidi forti.

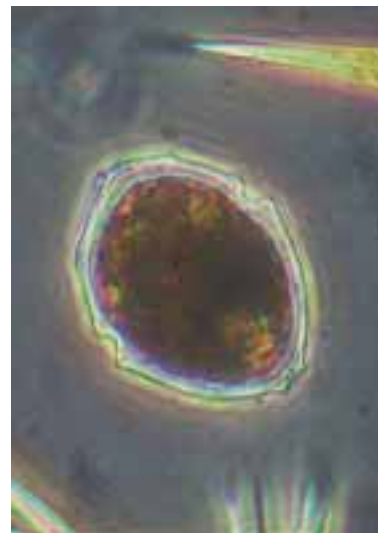
In ambienti acquatici in cui la composizione delle rocce del substrato è tale da favorire un sufficiente apporto di sostanze in grado di tamponare l'acidità di questi composti (rocce carbonatiche, come calcari e dolomie), l'effetto di solfati e nitrati si fa sentire solo per il loro ruolo di nutrienti algali. Problemi possono invece sorgere nel caso di ambienti acquatici situati su rocce cristalline praticamente insolubili a breve termine (graniti, porfidi ecc.), che cedono solo quantitativi modestissimi di sostanze minerali all'acqua.

Questo effetto è accentuato nel caso dei laghi alpini situati in bacini rocciosi e quindi con suoli poco sviluppati, con versanti ripidi che non favoriscono un contatto prolungato tra la roccia e le acque di dilavamento. Di conseguenza, anche l'insieme dei composti in grado di far diminuire il tenore di acidità è ridotto ed è sufficiente un ingresso nel lago anche di quantitativi relativamente modesti di contaminanti acidi per causare acidificazione.

I primi effetti negativi sugli organismi più sensibili si registrano già quando il pH scende a valori inferiori a 6; si parla di acidificazione vera e propria quando il pH è inferiore a 5.3 e l'insieme delle sostanze in grado di innalzarne il



Diatomea del genere *Epithemia*



Il dinoflagellato *Peridinium umbonatum*



Diatomea del genere *Pinnularia*

valore è nullo. In Italia le deposizioni atmosferiche sono marcatamente acide in prossimità delle principali aree urbane della pianura le cui emissioni, a causa dell'azione delle correnti atmosferiche, influenzano anche vasti settori delle Alpi.

Le microalghe sono molto sensibili alle variabili legate al tenore di mineralizzazione e quindi anche ad eventuali fenomeni di acidificazione.

Per quanto riguarda il fitoplancton l'acidificazione porta alla scomparsa delle diatomee più tipicamente planctoniche. Si instaura generalmente una dominanza di dinoflagellati e crisofite con presenza di alcune specie note per essere indicatrici di acque acidule. Si tratta in particolare dei dinoflagellati *Peridinium inconspicuum* e *Peridinium umbonatum*.

Anche fra le diatomee litorali dei laghi alpini si ritrovano ottimi indicatori di acque con alcalinità estremamente ridotta: in particolare le diatomee *Achnanthes acidoclinata* e *Eunotia exigua*. In presenza di acidificazione è stata anche frequentemente osservata una crescita più pronunciata di alcuni generi di alghe verdi filamentose litorali. L'aumento del grado di acidità comporta generalmente anche una drastica riduzione del numero di specie di licheni delle rive.

La diminuzione del pH delle acque causa effetti negativi anche sugli invertebrati, portando alla scomparsa delle specie più sensibili e ad una netta diminuzione della biodiversità. A questo problema è dedicata l'apposita scheda della pagine seguente.

In seguito a studi intensivi sulle comunità bentoniche di laghi acidificati o sensibili ad acidificazione da parte di diversi istituti di ricerca europei, sono stati raccolti dati circa la tolleranza delle diverse specie zoobentoniche a bassi valori di pH. Per lo zoobentos è stato elaborato un indice (Indice di Raddum) basato sulla maggiore o minore sensibilità delle diverse specie a bassi valori di pH. Alle specie sensibili, che non tollerano valori di pH < 5.5 unità, viene assegnato un punteggio alto (tra 0.5 e 1); a quelle meno sensibili, capaci di tollerare pH < 4.7, viene assegnato un punteggio basso (0), mentre alle specie cosiddette "indifferenti" viene assegnato un punteggio intermedio (tra 0 e 0.5). Tra i macroinvertebrati, tali punteggi sono stati ricavati finora per alcuni generi e specie di turbellari, irudinei, gasteropodi, anfipodi, efemerotteri, plecoteri, tricoteri e ditteri chironomidi. Al momento sono disponibili dati su specie diffuse nei paesi nordici, in genere assenti o rari nelle comunità che popolano i laghi alpini italiani, salvo alcune eccezioni quali: *Nemoura cinerea* e *Plectrocnemia conspersa*, capaci di tollerare pH tra 4.5 e 7.0 unità; *Siphonurus lacustris*, che tollera pH tra 5.0 e 7.0 unità e *Baetis rhodani*, che tollera pH tra 5.5 e 7.0 unità. Il genere *Baetis* sembra essere molto sensibile a variazioni di pH e viene utilizzato come indicatore di fenomeni incipienti di acidificazione. Oligocheti enchitreidi, plecoteri nemouridi, tricoteri limnefilidi, megalotteri sialidi e coleotteri ditiscidi sono noti per essere tolleranti a variazioni anche improvvise di pH.

I naididi sono, tra gli oligocheti, la famiglia meno tollerante agli abbassamenti di pH (normalmente sono assenti nei laghi con alcalinità < 20 µeq l⁻¹ e pH < 6). Tra gli oligocheti, anche i lumbricidi vengono trovati in laghi caratterizzati da alcalinità > 20 µeq l⁻¹ e pH > 6.5.

I molluschi sono generalmente assenti in laghi acidificati, essendo particolarmente sensibili a bassi valori di pH, ma anche di calcio e alcalinità.

Tale indice deve essere applicato con estrema cautela alle comunità dei laghi alpini italiani, poiché per la maggior parte delle nostre specie non è ancora disponibile un valore attendibile di sensibilità a variazioni del pH. Uno dei taxa di maggior rilievo per la biodiversità dei laghetti, ma poco noto da questo punto di vista, è costituito dai ditteri chironomidi, considerati nel complesso tra gli insetti più tolleranti verso variazioni di acidità. In realtà recenti studi hanno rivelato che alcuni chironomidi sono sicuramente tolleranti verso bassi valori di pH (quali i generi *Ablabesmyia* e *Procladius*, la specie *Heterotrissocladius marcidus* e alcune specie di *Parakiefferiella*, *Paratanytarsus* e *Tanytarsus*), mentre altri sono frequenti in ambienti non acidi (quali *Conchapelopia* sp., *Orthocladius* s. str., *Psectrocladius sordidellus*, *Thienemannimyia* sp. e *Zavrelimyia* sp.).



Ninfa di *Baetis alpinus*, efemerottero comune nei laghi montani

■ Gli altri contaminanti e il *global change*

I contaminanti acidi, purtroppo, sono solo una delle molte categorie di inquinanti a diffusione atmosferica che possono raggiungere i laghi d'alta quota. È documentata, ad esempio, la presenza in bacini montani di metalli pesanti e di inquinanti organici persistenti (i famigerati POPs = *Persistent Organic Pollutants*). La degradazione di questi ultimi è lunga e difficile ed essi permangono quindi a lungo nel sistema lacustre, in particolare nei sedimenti.

Questi inquinanti includono, per esempio, composti con struttura molto simile al ben noto D.D.T., che sono tuttora ampiamente utilizzati in molti paesi del-

le zone equatoriali e tropicali. Un meccanismo su vasta scala noto come "distillazione globale" può favorire la loro presenza nei laghi d'alta quota. Questi composti organici nocivi vengono emessi in atmosfera soprattutto nelle aree calde del pianeta. Le masse d'aria calda possono compiere spostamenti anche importanti e, in corrispondenza delle aree fredde, circumpolari o in prossimità dei grandi gruppi montuosi, si hanno fenomeni di condensazione che favoriscono le precipitazioni e quindi la loro deposizione.

Anche i rapidi cambiamenti climatici in atto possono avere importanti ripercussioni sui laghi di alta montagna. Per esempio, la riduzione del periodo in cui le acque di questi piccoli bacini sono coperte da una spessa coltre di ghiaccio a causa del riscaldamento globale può determinare un incremento notevole della produzione algale e, di conseguenza, alterare la delicata rete trofica lacustre.

Il progressivo aumento dei raggi UV, causato dal rapido declino della concentrazione atmosferica di ozono verificatosi negli ultimi anni, può anch'esso modificare la struttura delle comunità animali, in particolare di quelle zooplanctoniche. Si pensi che alla quota di 3000 m s.l.m. le radiazioni UV sono circa il 50% in più rispetto al livello del mare e che sono ulteriormente aumentate del 10% a partire dal 1970. In relazione al diverso grado di tolleranza delle diverse specie alle radiazioni UV, un loro aumento può incidere negativamente sulle specie più sensibili.



Laghetto ghiacciato in Val Ridanna (Trentino Alto Adige)

Proposte didattiche

MARGHERITA SOLARI

■ Studio geomorfologico di un laghetto di origine glaciale

- Obiettivi: stimolare la conoscenza dell'ambiente alpino, promuovere atteggiamenti consapevoli di rispetto dell'ambiente e di frequentazione responsabile della montagna; stimolare la capacità di osservazione, analisi e confronto dei dati; comprendere il concetto di evoluzione geomorfologica del territorio, con particolare riferimento alle modificazioni legate al glacialismo.

- Livello: biennio della Scuola Secondaria di Secondo Grado (14-16 anni).

- Attrezzatura: materiale bibliografico, carte topografiche (preferenzialmente alla scala 1:5.000 o 1:10.000, eventualmente 1:25.000) di una o più aree da confrontare, inclusa l'area scelta per l'escursione; manuale di Geografia o Scienze della Terra; abbigliamento adeguato per l'escursione; macchina fotografica reflex (anche digitale ma con gli opportuni obiettivi), termometro per l'aria e l'acqua.

- Collaborazioni richieste: eventuale guida naturalistica per l'escursione, accompagnatore CAI o esperto.

FASE PRELIMINARE

1. Individuazione di un'area con laghetto alpino di origine glaciale (avvalendosi delle indicazioni di un geologo o di una guida naturalistica esperta), adatta all'escursione: itinerario di facile accessibilità, privo di difficoltà di percorso; il periodo maggiormente indicato è maggio-giugno, o eventualmente settembre. Preparazione del materiale cartografico: carta dei sentieri, carta topografica, carta geologica, ecc.



Lago del Colle di Sant'Anna (Piemonte)



2. Introduzione del lavoro in classe; studio degli effetti modellanti dei ghiacci durante il Quaternario; studio delle forme di erosione e di accumulo tipiche delle alte quote (circhi, morene, ecc.); analisi della simbologia cartografica; gli studenti dovranno prendere confidenza con curve di livello, tratteggio a cestino, simbologia riferita a massi erratici e ghiaioni, simboli dell'idrografia, ecc.

3. Ricerca da parte dei ragazzi degli elementi di toponomastica, delle fonti bibliografiche e storiche.

4. Suddivisione della classe in gruppi di quattro/cinque studenti e studio delle carte topografiche. Individuazione dell'itinerario da seguire per raggiungere il laghetto sulla carta dei sentieri; evidenziare su una fotocopia della carta topografica gli elementi ritenuti interessanti per lo studio geomorfologico dell'area: perimetro del lago, pareti di circo glaciale, cordoni morenici, soglie, conoidi detritiche, elementi artificiali (muretti di sbarramento o di contenimento, dighe, condotte), eventuali fonti di alimentazione prossimali quali sorgenti, nevai o ghiacciai.

5. Elaborazione, da parte dei gruppi, di una scheda di rilevamento (località, data, quota, temperatura di acqua e aria, presenza di manufatti antropici, tipo di copertura vegetale ai bordi del lago, depositi detritici in prossimità del lago, eventuali materiali di accumulo a riempimento del lago, grado di naturalità e impatto antropico); confronto delle schede dei vari gruppi e stesura di una scheda unica.



Laghetto di conca glaciale nelle Alpi Carniche (Friuli Venezia Giulia)

ESCURSIONE

6. Suddivisione della classe in gruppi differenti dai precedenti (per un maggiore scambio di competenze), osservazione degli elementi geomorfologici dell'ambiente prescelto e compilazione delle schede di rilevamento.

7. Osservazioni guidate sull'ambiente (con l'aiuto della guida naturalistica): elementi di flora e fauna locali; analisi dell'impatto antropico visibile (rifiuti, manufatti, residuati bellici) e non visibile (come inquinamento, piogge acide, introduzione di specie ittiche).

8. Sintesi degli elementi essenziali per una buona ripresa fotografica: esposizione, tempi, inquadrature, uso di filtri UV, uso di obiettivi 24 e 28 mm, uso di pellicole che esaltano i verdi, preferenza della luce diffusa dell'alba e del tramonto; riprese fotografiche del paesaggio da parte dei ragazzi.

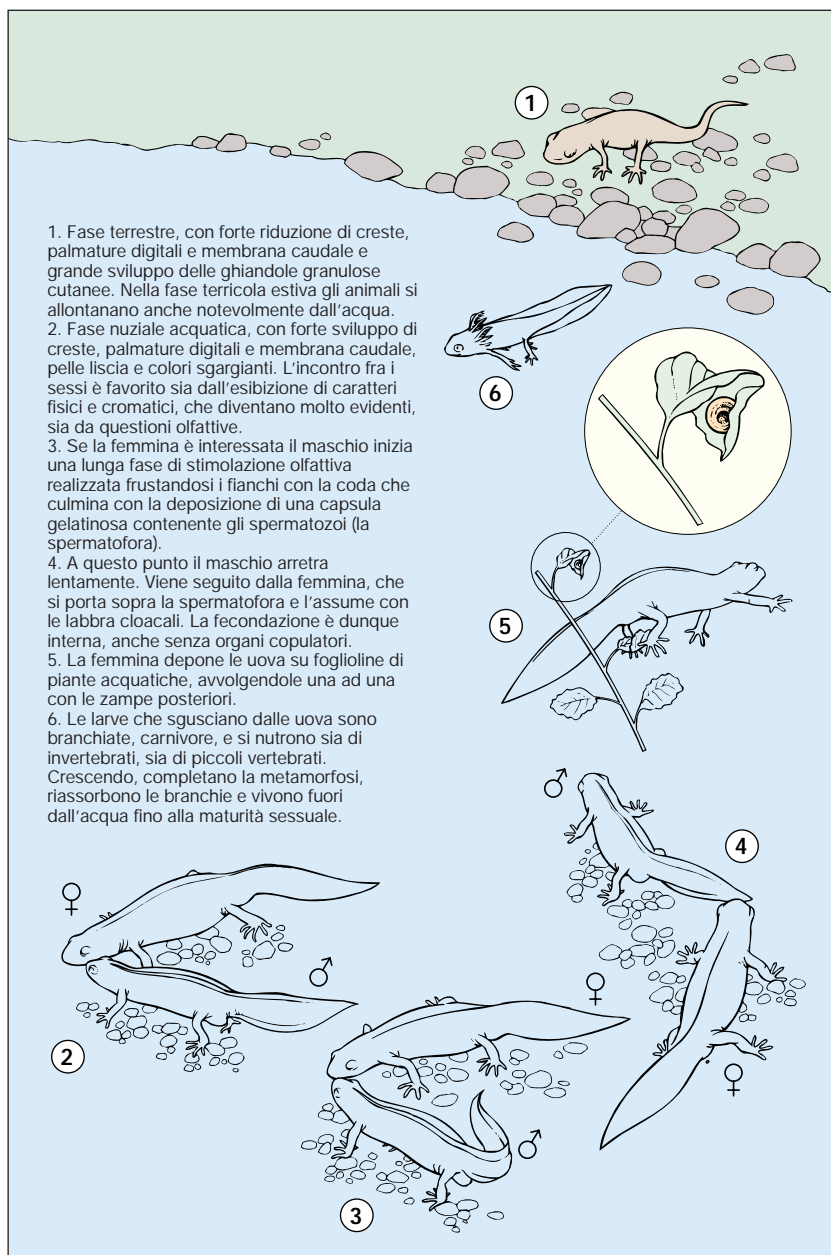
CONCLUSIONE DEL LAVORO IN CLASSE

9. Considerazioni conclusive sull'evoluzione dell'ambiente dal punto di vista geomorfologico; riflessioni sull'importanza dei laghetti alpini, oltre che dal punto di vista della tutela delle specie animali e vegetali che li popolano, anche dal punto di vista paesaggistico per lo svago e la ricreazione. Dibattito sulla necessità di tutela e conservazione di questi habitat di peculiare interesse.

10. Sviluppo delle riprese fotografiche (o loro elaborazione al computer) e stesura individuale di una relazione sull'escursione compiuta, con la sintesi dei concetti acquisiti.



Laghetto in Val Gesso (Parco Naturale delle Alpi Marittime, Piemonte)



Ciclo vitale del tritone alpino

■ Il tritone e il salmerino

- **Obiettivi:** comprendere le principali caratteristiche dei pesci e degli anfibi che popolano i laghetti alpini; acquisire il concetto di adattamento all'ambiente; sviluppare capacità di osservazione, analisi e confronto.
- **Livello:** triennio della Scuola Primaria (8-10 anni).
- **Attrezzatura:** materiale bibliografico, manuale di biologia, documentari, materiale di cartoleria per la compilazione di un cartellone; abbigliamento adeguato per l'eventuale escursione.
- **Collaborazioni richieste:** guida naturalistica per l'eventuale escursione, accompagnatore CAI o esperto.



Salmerino alpino

FASE PRELIMINARE

1. Dibattito in classe sulle caratteristiche dei laghetti alpini, e sui fattori limitanti che condizionano la vita degli animali (presenza di neve e ghiaccio per molti mesi all'anno, breve durata della stagione con clima mite favorevole alla crescita e alla riproduzione, scarsità di materiale nutritivo, elevata intensità dei raggi UV).
2. Individuazione degli animali vertebrati che vivono nei laghetti alpini, soffermandosi su pesci e anfibi.
3. Analisi, attraverso materiale bibliografico di vario genere, delle caratteristiche delle classi dei pesci e degli anfibi: in particolare illustrazione delle modalità di nutrizione, respirazione e riproduzione. Visione di filmati documentari sulla fauna dei laghetti alpini.
4. Studio approfondito del salmerino alpino e stesura, da parte dei ragazzi, di schede illustrate che sintetizzino le caratteristiche principali (aspetto simile alla trota, scaglie piccole, due pinne dorsali; colore bruno-grigio, blastro con ventre rosso durante il periodo riproduttivo; presenza di bande scure sui fianchi; deposizione di migliaia di uova nel tardo autunno sul fondo del lago, in piccole cavità; nascite nella tarda primavera; prima alimentazione planctonica, poi a base di invertebrati bentonici, infine di piccoli pesci; competizione con il salmerino di fonte che spesso è stato immesso nei laghetti d'alta quota per la pesca).
5. Studio approfondito del tritone alpino e stesura di schede illustrate da

parte dei ragazzi che sintetizzano le caratteristiche principali (modalità di deposizione delle uova in acqua, sviluppo della larva acquatica, metamorfosi completa e sviluppo dell'adulto, che continua a trascorrere una parte della vita in acqua; aspetto tipico dell'adulto con coda compressa lateralmente e cresta dorsale; rituali di corteggiamento caratteristici, in cui il maschio, riconoscibile per la sgargiante livrea nuziale, ripiega la coda e la fa vibrare in modo continuo).

ESCURSIONE

6. Eventuale escursione con guida naturalistica, preferibilmente nel mese di giugno, e osservazione degli aspetti naturalistici dell'ambiente alpino; osservazione delle specie presenti nel laghetto. L'escursione va concordata con la guida facendo attenzione alla scelta di un itinerario senza difficoltà di percorso e di breve durata.

CONCLUSIONE DEL LAVORO IN CLASSE

7. Composizione di cartelloni illustrati dedicati all'ambiente dei laghetti alpini.
8. Breve relazione per verificare i progressi nella conoscenza in seguito alle osservazioni dirette sulla morfologia, l'ecologia e gli adattamenti del tritone e del salmerino.
9. Dibattito conclusivo sull'importanza di preservare e tutelare questi habitat e di mantenere atteggiamenti di rispetto durante le escursioni in montagna.



Tritone alpino

■ Colori e dimensioni dei microcrostacei

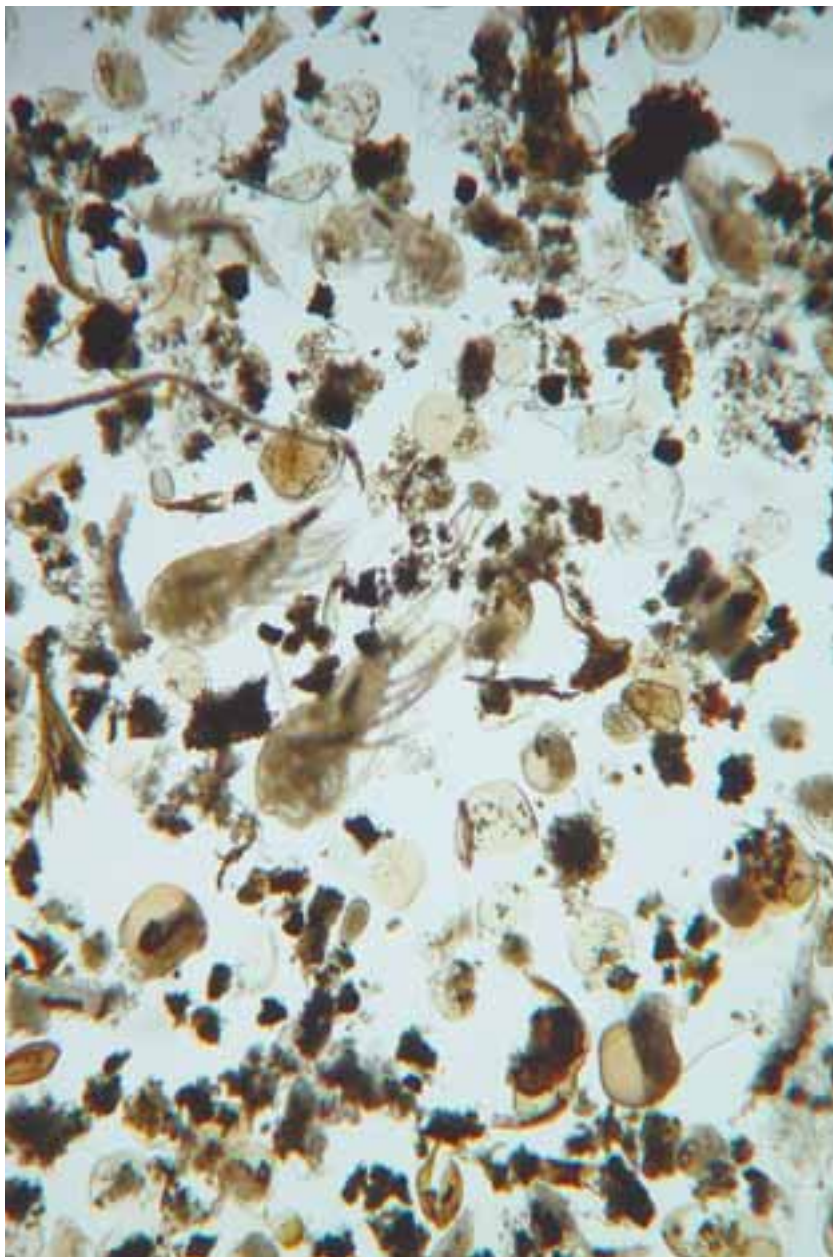
- Obiettivi: stimolare la capacità di osservazione, analisi e confronto dei dati; comprendere il concetto di adattamento all'ambiente nelle specie animali; riflettere sui fattori che influenzano la dimensione e la morfologia di alcune specie.
- Livello: biennio della Scuola Secondaria di Secondo Grado (14-16 anni).
- Attrezzatura: materiale bibliografico, manuale di biologia, retino per il campionamento dello zooplancton, termos per il trasporto, vetrini per le osservazioni al microscopio, attrezzatura adeguata per l'escursione.
- Collaborazioni richieste: guida per l'escursione con esperienza nel campionamento e osservazione al microscopio di materiale vivo.

FASE PRELIMINARE

1. Studio, con l'ausilio del manuale e di letteratura specializzata, della morfologia, del ruolo nella rete trofica e dell'ecologia dei microcrostacei (cladoceri, copepod) tipici dei laghetti d'alta quota.
2. Individuazione dei fattori limitanti lo sviluppo: basse temperature, breve durata della stagione favorevole, scarsità di nutrienti, predazione, acidificazione delle acque e radiazioni UV.
3. Analisi specifica degli adattamenti dei microcrostacei alla predazione e alle radiazioni UV: riduzioni delle dimensioni degli individui, cambiamento di colorazione (vedi capitolo sullo zooplancton).



Lago nella Rot Tal (Trentino Alto Adige)



Zooplankton di un laghetto alpino (Gruppo del Sella, Trentino Alto Adige)

4. Consultazione di materiale bibliografico per individuare due laghetti d'alta quota, uno privo di pesci, l'altro caratterizzato da abbondante ittiofauna. Gli itinerari devono essere di facile accessibilità, di breve durata e i periodi maggiormente indicati sono maggio-giugno o eventualmente settembre.

ESCURSIONE E OSSERVAZIONE DEL MATERIALE VIVO

5. Campionamento di zooplankton in ognuno dei due laghetti, con l'ausilio di un esperto, utilizzando un retino adeguato (maglia max 100 μ m). Il materiale raccolto sarà versato in contenitori adatti al trasporto in laboratorio (thermos).

6. Osservazione al microscopio degli organismi presenti nei due campioni, con sistemazione su appositi vetrini.

7. Individuazione della differenza di taglia dei microcrostacei nei due ambienti, maggiore in quello privo di pesci, minore in quello con pesci.

8. Osservazione dell'intensità di colorazione di alcune specie (dal rosso vivo al bruno), come adattamento alle radiazioni UV.

CONCLUSIONE DEL LAVORO IN CLASSE

9. Considerazioni sugli adattamenti osservati, in un'ottica di massima efficienza per la sopravvivenza di popolazioni che albergano in ambienti estremamente difficili.

10. Compilazione di una breve relazione per verificare l'acquisizione e le personali rielaborazioni dei concetti proposti.



Uno dei laghi di Lusia (Trentino Alto Adige)

AA. Vv., 2004 - Italia. Atlante dei tipi geografici. *Istituto Geografico Militare*. Firenze.
Atlante costituito da numerose tavole illustrative dei tipi geografici presenti nel territorio italiano. Le tavole sono raggruppate in venti temi, riguardanti sia la geografia fisica che quella umana.

CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A., RUFFO S. (eds.), 1994-1999 - Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. *Provincia Autonoma di Trento*, 2 voll.
Moderna ed accurata disamina dei macroinvertebrati italiani; contiene utili chiavi per identificare gli invertebrati acquatici dei laghetti d'alta quota a livello di genere o famiglia.

CANTONATI M., TOLOTTI M., LAZZARA M., 2002 - I laghi del Parco Naturale Adamello Brenta. Ricerche limnologiche sui laghi d'alta quota del settore siliceo del Parco. *Museo Tridentino di Scienze Naturali, Parco Naturale Adamello Brenta*, Trento.
Ampia ed accurata monografia dedicata ai laghetti d'alta quota presenti nell'area ove affiorano diffusamente rocce silicee nel Parco Adamello Brenta.

CARTON A., PELFINI M., 1988 - Forme del paesaggio d'alta montagna. *Zanichelli*, Bologna.
Volume a carattere divulgativo che affronta gli argomenti con rigore scientifico. Sono esaminate le forme ed i processi del paesaggio d'alta montagna con ricchezza di schemi e fotografie soprattutto della regione alpina.

CASATI P., PACE F., 1991 - Scienze della Terra. L'atmosfera, l'acqua e i climi. *Ed. Città degli Studi*, Milano.
Manuale di geografia fisica generale che tratta i vari aspetti del paesaggio compresi quelli glaciali e periglaciali nonché le diverse morfologie lacustri.

CASTIGLIONI G.B., 1986 - Geomorfologia. *UTET*, Torino.
Trattato di geomorfologia generale con una approfondita analisi dei vari sistemi morfogenetici, con ampi riferimenti alla geomorfologia del territorio italiano.

GIUSSANI G., DE BERNARDI R., MOSELLO R., ORIGGI I., RUFFONI T., 1986 - Indagine limnologica sui laghi alpini d'alta quota. *Documenta dell'Istituto Italiano di Idrobiologia "Marco de Marchi"*, Pallanza, 9: 1-415.
Studio esaustivo sulla distribuzione dello zooplankton nei laghetti d'alta quota delle Alpi.

LENCIONI V., MAIOLINI B. (eds.), 2003 - L'ecologia di un sistema acquatico alpino. *Natura Alpina*, 54(4), Trento.
Monografia dedicata all'ecologia di torrenti e laghi d'alta quota. Vengono riportati i risultati di una ricerca pluriennale condotta all'interno del Parco Nazionale dello Stelvio nel bacino del Noce Bianco.

MENARA H., 2003 - Escursioni ai laghi del Sudtirolo. *Athesia*, Bolzano.
Esaustivo libro escursionistico che descrive 70 laghi dell'Alto Adige, con una ricca documentazione fotografica e cartografica.

MERISIO L., 1994 - Laghi alpini. Storia, incantesimi e sogni. *Grafica ed Arte Ed.*, Bergamo.
Volume a carattere divulgativo, riccamente illustrato, con una trattazione sulla genesi, evoluzione e degrado dei laghi alpini, curata da C. Smiraglia, e la segnalazione di alcuni itinerari.

MINELLI A., CHEMINI C., ARGANO A., LA POSTA S., RUFFO A. (a cura di), 2002 - La fauna in Italia. *Touring Club Italiano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio*, Roma.
Aggiornata e completa trattazione della fauna d'Italia, con ampi riferimenti anche agli aspetti legislativi e conservazionistici.

MINELLI A., RUFFO S., LA POSTA S., 1993-1995 - Checklist delle specie della fauna italiana. *Calderini*, Bologna.
Elenca tutte le specie note della fauna italiana, rendendo possibile l'uso di una nomenclatura corretta e unificata. La collana è costituita da 110 fascicoli. Disponibile anche on-line all'indirizzo: <http://checklist.faunaitalia.it>

PINNA M., 1977 - Climatologia. *UTET*, Torino.
Trattato di climatologia generale con analisi e classificazione dei vari climi della Terra, di utile consultazione per ogni tipo di ricerca a carattere ambientale.

PIOTTI S., 1998 - Dove si specchia il cielo. I laghi della valle d'Aosta. 185 itinerari per scoprire 220 laghi. *Ferrari ed.*, Clusone, Bergamo.
Ampia schedatura di 220 laghi d'alta quota con ricca documentazione fotografica, descrizione geografica e geomorfologica e cartografia.

RUFFO S., STOCH F. (eds.), 2005 - Checklist e distribuzione della fauna italiana. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16, Verona.

Aggiornato volume che illustra la checklist e la distribuzione di oltre 10.000 specie, terrestri e delle acque interne, della fauna italiana; l'elenco delle specie, delle loro caratteristiche ecologiche e delle stazioni di distribuzione, con cartografia interattiva (CKmap), sono incluse nel CD allegato.

TOMASI G., 2004 - I trecento laghi del Trentino. *Artimedia, Temi ed.*, Trento.

Recente rivisitazione della fondamentale monografia che lo stesso autore ha curato nel 1963. Vengono considerati tutti gli aspetti ambientali di questi piccoli bacini che punteggiano le montagne del Trentino.

- > Alieno: estraneo alla fauna locale.
- > Anadromo: in zoologia indica i pesci marini che risalgono i fiumi per riprodursi.
- > Anfigonia: riproduzione sessuale che avviene mediante la fecondazione, cioè l'unione del gamete maschile con il gamete femminile.
- > Cacuminale: posto in prossimità della cima di una montagna; termine usato in senso lato per indicare genericamente le quote più elevate.
- > Cianobatterio: batterio dotato di clorofilla a, come le alghe, i muschi e le piante superiori, e avente come principali pigmenti accessori delle ficobiliproteine di color blu (ficocianina) e rosso (ficoeritrina); un tempo al posto di "cianobatterio" era usato il termine "alga azzurra".
- > Conolde: accumulo di detriti depositati da un torrente allo sbocco di una valle in pianura o sul fondo di un'altra valle e disposti a ventaglio.
- > Crioclastismo: processo di frantumazione delle rocce dovuto alle variazioni di volume che l'acqua, presente negli interstizi delle rocce, subisce a causa dell'alternanza di gelo e disgelo.
- > Debris flow: colata di fango e detriti, spesso violenta, derivante da eventi alluvionali.
- > Dreno: struttura o elemento sia naturale che artificiale che favorisce la raccolta delle acque convogliandole in altra parte.
- > Ecotono: zona di transizione fra due diverse biocenosi; nell'ecotono si ha un graduale passaggio fra le specie caratteristiche di una biocenosi e quelle dell'altra; vi si può osservare talora una biodiversità maggiore di quella delle due biocenosi che esso separa.
- > Endemico: esclusivo di un'area geografica ristretta.
- > Euritopo: organismo in grado di vivere e riprodursi in una ampia varietà di ambienti.
- > Fotobionte: alga (solitamente un'alga verde) e cianobatterio che partecipa, insieme alle ife fungine, alla simbiosi lichenica.
- > Frigostenotermo: organismo adattato esclusivamente a basse temperature.
- > Iporreico: ambiente ecotonale (vedi ecotono), situato sul fondo di un corso d'acqua; è la zona di transizione tra l'ambiente superficiale e quello sotterraneo, usualmente limitata a qualche decina di centimetri di sedimento ghiaioso o sabbioso.
- > Litotipo: insieme delle caratteristiche chimico-fisiche di una roccia o di un terreno.
- > Macrofita: pianta superiore; di largo uso in limnologia per indicare le fanerogame acquatiche.
- > Morena: accumulo di materiale roccioso incoerente trasportato e depositato da un ghiacciaio.
- > Oligostenotermo: organismo adattato ad un range ristretto di temperatura.
- > Onnivoro: organismo con uno spettro alimentare ampio, comprendente sia vegetali che animali, o loro derivati.
- > Ovoviviparo: animale che si riproduce median-

- te uova, che però vengono trattenute all'interno del corpo della femmina fino alla schiusa.
- > Partenogenesi: modalità di riproduzione in cui lo sviluppo dell'uovo avviene senza fecondazione da parte del maschio.
- > Planctofago: organismo che si nutre di plancton.
- > Reofilo: organismo che predilige le acque correnti.
- > Sacco vitellino: annesso embrionale che ha la funzione di contenere il vitello o tuorlo.
- > Sessa: oscillazione periodica della superficie delle acque dei bacini dovuta al vento e a variazioni di pressione atmosferica.
- > Sfarfallamento: uscita dell'insetto adulto (immagine) dall'exuvia della ninfa (insetti eterometaboli) o della pupa (insetti olometaboli).
- > Sinclinale: piega negli strati rocciosi della crosta terrestre, che si presenta inarcata verso il basso, cioè con la concavità rivolta verso l'alto.
- > Stenoecio: organismo capace di sopravvivere solo all'interno di una ristretta gamma di condizioni fisiche e biologiche.
- > Stenotopo: organismo che manifesta un'elevata specializzazione all'habitat ed è in grado di vivere e riprodursi solo in una ristretta ed omogenea tipologia ambientale.
- > Taxocenosi: insieme di animali appartenenti allo stesso gruppo tassonomico (vedi taxon) che vivono in un determinato ambiente.
- > Taxon (pl. taxa): qualsiasi categoria tassonomica formale (per esempio sottospecie, specie, famiglia, ordine, ecc.).
- > Trofismo: disponibilità di nutrienti in un ecosistema, che consente di sostenere lo sviluppo dei produttori primari; nei laghi dipende principalmente dal tenore in sali nutritivi disciolti.
- > Vicarianza: fenomeno per il quale due taxa morfologicamente affini, ma non necessariamente con strette relazioni di parentela, occupano la stessa nicchia ecologica in aree geografiche differenti.

Indice delle specie

- Abete bianco - 48
 Abete rosso - 48
 Ablabesmyia - 134
 Acamptocladus reissi - 98
 Acanthocyclops vernalis - 77
 Acanthodiptomus denticornis - 77, 79
 Achnanthes acidoclinata - 133
 Achnanthes montana - 54
 Achnanthes trinodis - 54
 Achnanthidium minutissimum - 54
 Acroperus harpae - 73, 75
 Actitis hypoleucos - 119
 Aeshna caerulea - 91
 Aeshna grandis - 91
 Aeshna juncea - 90, 91
 Agabus (Gaurodytes) congener - 95
 Agabus (Gaurodytes) solieri - 95
 Alborella - 112
 Alburnus alburnus - 112
 Allogamus antennatus - 99
 Allogamus auricollis - 99
 Allogamus uncatus - 99
 Alona affinis - 69, 73, 75
 Amblyotus nilssonii - 121
 Ammatoidea - 54
 Ankistrodesmus - 46
 Anthus spinoletta - 119
 Anthus trivialis - 118, 119
 Arctodiptomus alpinus - 77, 79
 Arvicola agreste - 121
 Arvicola terrestre - 121
 Arvicola terrestris - 121
 Arvicola terrestris ssp. scherman - 121
 Asplanchna - 70, 71
 Asplanchna priodonta - 70, 72
 Atractides loricatus - 88
 Aulodrilus limnobius - 85
 Aulodrilus pluriseti - 85
 Baetis - 134
 Baetis alpinus - 89, 134
 Baetis rhodani - 134
 Baldinia anauniensis - 49
 Ballerina bianca - 117
 Ballerina gialla - 117, 119
 Beccafico - 119
 Biscia d'acqua dal collare - 115
 Bombina pachypus - 114
 Bombina variegata - 113
 Brachysira calcicola - 54
 Brasca - 61
 Brasca alpina - 61
 Brasca arrotondata - 62
 Brasca comune - 62, 64
 Brasca delle lagune - 64
 Brasca filiforme - 61, 64
 Bryocamptus - 93
 Bryocamptus (Arcticocamptus) cuspidatus - 93
 Bryocamptus (Arcticocamptus) rhaeticus - 93
 Bufo bufo - 113
 Bufo viridis - 114
 Bythotrephes - 73
 Callitriche - 62, 64
 Callitriche palustris - 62
 Calothrix parietina - 54
 Camoscio - 121
 Campylomonas - 49
 Canna palustre - 62
 Capnia vidua - 91
 Capriolo - 121
 Carduelis cannabina - 119
 Carduelis flammea - 119
 Carduelis spinus - 119
 Carex limosa - 64
 Carex rostrata - 61
 Carice - 59, 64
 Cavedano - 112
 Cephalodella - 71
 Cernosvitoviella atrata - 85
 Cervo - 121
 Cesena - 119
 Chamaesiphon polonicus - 54, 56, 57
 Chara - 51, 61
 Chirocephalus marchesonii - 78
 Chironomus anthracinus - 97
 Chironomus plumosus - 96, 97, 98
 Chlorogloe purpurea - 54
 Chydorus sphaericus - 68, 73, 75
 Cinclus cinclus - 117
 Cinghiali - 121
 Ciuffolotto - 119
 Coda di cavallo acquatica - 61
 Codirosso spazzacamino - 119
 Codirossone - 119
 Coenagrion hastulatum - 91
 Cognetta - 85
 Coltellaccio natante - 59, 61, 62, 63, 64
 Conchapelopia - 134
 Corynoneura scutellata - 98
 Cottus gobio - 110
 Crenobia alpina - 85
 Crociere - 119
 Culbianco - 119
 Cyclops - 77
 Cyclops abyssorum tatricus - 76, 77, 79, 81
 Dafnia - 67, 68
 Damigella - 89, 91
 Daphnia - 74, 75, 127
 Daphnia longispina - 74, 75
 Daphnia longispina frigidolimnetica - 74
 Daphnia longispina longispina - 74
 Daphnia longispina rectifrons - 74
 Daphnia longispina var. hyalina - 68
 Daphnia middendorffiana - 66, 73, 75
 Daphnia zschokkei - 74
 Delicata delicatula - 54
 Denticula tenuis - 54
 Desmidiaceae - 52
 Dictyothrix - 54
 Dicranota - 95
 Dinobryon - 46
 Elodea canadensis - 62
 Emberiza cia - 119
 Emberiza citrinella - 119
 Enallagma cyathigerum - 91
 Endochironomus - 97
 Epithemia - 132
 Equiseto - 59
 Erioforo - 63, 64
 Erioforo rotondo - 60
 Eriophorum scheuchzeri - 60, 64
 Eriophorum vaginatum - 64
 Eriophorum angustifolium - 63
 Erithacus rubecula - 119
 Eucalanis - 71
 Eucyclops serrulatus - 77
 Eunotia exigua - 133
 Fanello - 119
 Feltria minuta - 88
 Fiocchetto vedere erioforo - 63
 Fragilaria tenera - 49
 Fringilla coelebs - 119
 Fringuello - 119
 Fringuello alpino - 119
 Galba truncatula - 87
 Gamberaja comune - 62, 64
 Gammarus lacustris - 88
 Geitleribactron periphyticum - 54
 Girino - 129
 Giunco - 59
 Glenodinium sanguineum - 49
 Gloeocapsa - 53, 54
 Glossiphonia complanata - 87
 Gnaphiscus setosus - 88
 Gomphocymbellopsis ancylus - 54, 55
 Haematococcus pluvialis - 49
 Haemopsis sanguisuga - 87
 Halesus radiatus - 99
 Haplotaxis gordioides - 85
 Helobdella stagnalis - 87

Helophorus nivalis - 95
Heterocoepus saliens - 68, 77, 79
Heterotrissocladius marcidus - 98, 134
Heterotrissocladius subpilosus - 96
Hippuris vulgaris - 61
Holopedium gibberum - 74
Hydporus - 95
Hydporus (*Hydporus*) *foveolatus* - 95
Hydporus (*Hydporus*) *nivalis* - 95
Hypocamptus - 93
Hypocamptus paradoxus - 93
Kellicottia - 70, 71
Kellicottia longispina - **71**, 72
Keratella - 71
Keratella cochlearis - 72
Krenosmittia - 98
Lebertia - 88
Lecane - 71
Lepadella - 71
Leptodora - 73
Lestes dryas - 91
Leuciscus cephalus - 112
Leucorrhinia dubia - 91
Libellula - 89
Limnephilus coenosus - 99
Loxia curvirostra - 119
Lucertola vivipara - 115, 116
Lucertola vivipara della Carniola - **115**
Lucherino - 119
Macropelopia nebulosa - 98
Maraenobiotus - 93
Maraenobiotus insignipes - 93
Maraenobiotus vejdvovskiy - 93
Marasso - **116**
Melampophylax mucoreus - 99
Menyanthes trifoliata - 63
Merlo acquaiolo - **117**
Merluzzo - 104
Micropsectra - 97, 98
Microtendipes - 97
Microtus agrestis - 121
Mixodiaptomus taticus - 77
Monticola saxatilis - 119
Montifringilla nivalis - 119
Motacilla alba - 117
Motacilla cinerea - 117, **119**
Mougeotia - 51
Mustela putorius - 121
Myotis - 121
Myotis daubentonii - 121
Nais bretscheri - 85
Nais communis - 85
Nais elinguis - 85
Natrix natrix - 115
Navicula - 57
Nemoura cinerea - 134
Nemoura cinerea - 91
Nemurella pictetii - 91
Neomys anomalus - 120
Neomys fodiens - **120**
Ninfea bianca - 62

Niphargus forelii - **88**
Nitella - 51
Nitzschia - 57
Nostoc - 54
Notholca - 70, 71
Nymphaea alba - 62, 64
Odontocera albicorne - 99
Oedogonium - 51
Oenanthe oenanthe - 119
Oligotricha striata - 99
Oncorhynchus mykiss - 108, 126
Oocystis - 50
Organetto - 119
Orthocladus - 97, 134
Pagastiella - 98
Paracladius alpicola - 98
Parakiefferiella - 134
Paraphaenocladus irritus - 98
Paratanytarsus - 134
Paratanytarsus austriacus - 98
Passera scopaiola - 119
Pedalia - **70**
Peridinium inconspicuum - 133
Peridinium umbonatum - **133**
Peridinium umbonatum - 50
Perlodes - **91**
Peste d'acqua - 62
Pettiroso - 119
Phacopteryx brevipennis - 99
Phoenicurus ochruros - 119
Phormidium - 54
Phoxinus phoxinus - **108**, 109, 111
Phragmites australis - 62
Physa - **87**
Piccolo salmerino - 104
Pinnularia - **133**
Pipistrello nano - **121**
Pipistrellus pipistrellus - **121**
Piro-piro boscareccio - **119**
Piro-piro culbianco - 119
Piro-piro piccolo - 119
Pisidium amnicum - 87
Pisidium casertanum - 87
Plectrocnemia conspersa - 99, 134
Plectrocnemia geniculata - 99
Poligono anfibio - 62, 64
Polyarthra - 70, 71, 72
Polyarthra gr. vulgaris-dolichoptera - 71, 72
Polycentropus flavomaculatus - 99
Polygonum amphibium - 62
Polyphemus - 73
Potamogeton - 61
Potamogeton alpinus - 61
Potamogeton filiformis - 61
Potamogeton natans - 62
Potamogeton pectinatus - 64
Potamogeton perfoliatus - 62, 64
Potamogeton praelongus - 61
Potamogeton hammoniensis - 85
Prispolone - **118**, 119

Procladius - 134
Protothemura - 91
Prunella collaris - 119
Prunella modularis - 119
Psectrocladius sordidellus - 134
Pseudodiamesa nivosus - 98
Pseudokiefferiella parva - 98
Pseudopsilopteryx zimneri - **82**
Puzzola - 121
Pyrrhula pyrrhula - 119
Radix peregra - 87
Rana agile - 114
Rana dalmatina - 114
Rana di montagna - 64
Rana italica - 114
Rana italica - 114
Rana montana - 113, **114**, 115
Rana synklepton esculenta - 114
Rana synklepton hispanica - 114
Rana temporaria - 113, **114**
Rana verde - 114
Ranuncolo - 59
Ranuncolo a foglie capillari - **63**
Ranunculus trichophyllus ssp. *eradicatus* - 62, **63**
Rhyacophila italica - 99
Rhyacophila torrentium - **84**
Rospo comune - 113, 115
Rospo smeraldino - 114
Rutilus erythrophthalmus - 112
Salmerino - 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 142
Salmerino alpino - 75, 101, **102**, 103, 107, 127, **141**
Piccolo salmerino comune - 104
Salmerino di fonte - **105**, 106, 107, 126, 141
Salmerino di profondità - 104
Salmerino predatore - 104
Salmo - 103
Salmo [trutta] trutta - 107, **111**, 126, **127**
Salmo trutta - 108, 111
Salvelinus - 103, 105
Salvelinus alpinus - 75, 101, **102**, 105, 107, 126, 127
Salvelinus alpinus salmarinus vedere *Salvelinus alpinus* - 105
Salvelinus fontinalis - **105**, 126
Sanguinerola - **108**, 109, 110, 127
Saxicola rubetra - 119
Scazzone - **110**, 111, 127
Schizothrix - 54
Scriccolo - 119
Scytonema - 54
Sergentia - 97
Serinus citrinella - 119
Serotino bicolore - 121
Serotino di Nilsson - 121
Sfagno - 64
Simocephalus - 75
Siphonurus lacustris - 89, 134
Somatochlora alpestris - **89**, 91

Somatochlora arctica - 91
Sordone - 119
Sparganium - 62, 64
Sparganium angustifolium - 59, **61**, **62**, 63
Spioncello - 119
Spirogyra - 51, **52**, **53**
Spirosperma ferox - 85
Puzzola - 121
Staurosira brevistriata - 54
Staurosira pinnata - 54
Stiaccino - 119
Stictochironomus - 97
Streblocerus serricaudatus - 73, 74
Stylodrilus heringianus - 85
Surirella - 57
Sus scrofa - 121
Sylvia borin - 119
Sympetrum danae - 91
Sympetrum flaveolum - 91
Synechococcus - 48
Tanytarsus - 97, 134
Thienemannimyia - 134
Tinca - **112**
Tinca tinca - **112**
Tolypothrix - **47**, 54
Toporagno acquaiolo - **120**, 121
Toporagno acquatico di Miller - 120, 121
Tordela - 119
Tovella sanguinea - **49**
Trichophorum caespitosum - 64, **65**
Tricoforo cespuglioso - **64**, **65**
Trifoglio d'acqua - 63
Tringa glareola - **119**
Tringa ochropus - 119
Trioito - 112
Tritone - 142
Tritone alpino - **100**, 113, **140**, 141, **142**
Tritone crestato italiano - **113**
Tritone punteggiato d'oltr'alpe - 113
Triturus alpestris - **100**, 113
Triturus alpestris apuanus - 113
Triturus alpestris inexpectatus - 113
Triturus carnifex - **113**
Triturus vulgaris vulgaris - 113
Troglodytes troglodytes - 119
Trota - 104, 106, 107, 108, 109, 111, 141
Trota fario - 106, 107, 108, **111**, 126, **127**
Trota iridea - 108, 112, 126
Tubifex tubifex - 85
Turdus pilaris - 119
Turdus viscivorus - 119
Ulothrix - 51
Ululone - 114
Ululone dal ventre giallo - 113
Venturone - 119
Vespertilio murinus - 121
Vipera - 116

Vipera berus - **116**
Zavrelimyia - 98, 134
Zavrelimyia berberi - 98
Zigolo giallo - 119
Zigolo muciatto - 119
Zootoca vivipara - 115
Zootoca vivipara ssp. carnolica - **115**
Zygnema - 51

Un particolare ringraziamento a Daria Vagaggini per il fattivo contributo prestato nella stesura dei capitoli relativi allo zooplancton e alla didattica e per l'attenta rilettura critica dei testi.

Per il capitolo sulla flora un particolare ringraziamento a Michele Lanzinger, direttore del Museo Tridentino di Scienze Naturali, per aver promosso negli anni numerose ricerche sui laghi di alta quota, a Juri Nascimbene (Feltre) per aver messo a disposizione bibliografia e informazioni sui licheni e a Carla Contessi per una rilettura critica del testo. Per questo capitolo, oltre alle ricerche dell'autore, si è fatto riferimento a studi di E. Rott e L. Pernegger (Innsbruck, Austria), M. Tolotti (S. Michele, TN), M. Tomaselli (Parma) e R. Gerdol (Ferrara), G. Guella e R. Frassanito (Trento). Rilevanti ricerche che hanno generato parte dei dati utilizzati come importanti riferimenti per la stesura del capitolo sulla flora e sulla conservazione sono state co-finanziate dai seguenti Enti: Parco Naturale Adamello-Brenta, Provincia Autonoma di Trento - Servizio Ricerca Scientifica, Consorzio dei Comuni del Bacino Imbrifero Montano dell'Adige. Lo schema del capitolo "Flora" relativo alla seriazione della vegetazione sulle rive di un lago di alta montagna è stato rielaborato dal testo specialistico di Gerdol e Tomaselli.

Grazie all'Editrice Tabacco per l'autorizzazione a riprodurre la carta topografica di pag. 29.

Per la diffusione delle carte topografiche di pag. 28 e 29, dai tipi dell'Istituto Geografico Militare, autorizzazione n. 6145 del 01.02.2006.

Un ringraziamento, inoltre, a Maria Manuela Giovannelli, Erika Gozzi, Paola Sergo e Maura Tavano

La responsabilità di quanto riportato nel testo, nonché di eventuali errori ed omissioni, rimane esclusivamente degli autori.

Il volume è stato realizzato con i fondi del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

Finito di stampare
nel mese di marzo 2006
presso la Graphic linea print factory - Udine

Printed in Italy

