

Atti del Convegno
L'ACQUA NELLE TERRE ALTE:
un percorso di ricerca
attraverso il sistema alpino

CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi

4 Dicembre 2015

© CNR Edizioni
P.le Aldo Moro 7
00185 Roma
ISBN 978 88 8080 263 1

Atti del Convegno

L'ACQUA NELLE TERRE ALTE: un percorso di ricerca attraverso il sistema alpino

CNR ISE Verbania Pallanza, 4 dicembre 2015

- Premessa –*Marina Manca e Stefano Costa*
- Dal documento alla memoria - *Maurizio Vitale*
- Il CNR e la valorizzazione delle ricerche sulle Terre Alte – *Maurizio Gentilini*
- Nascita e sviluppi della limnologia alpina - *Aldo Marchetto e Marco Cantonati*
- Il valore aggiunto della limnologia comparata: un confronto tra laghi delle Terre Alte - *Andrea Lami e Monica Tolotti*
- L'acqua nelle Terre Alte: una risorsa tra biodiversità e sfruttamento da parte dell'uomo - *Pietro Volta e Tullio Bagnati*
- Quali prospettive per il futuro delle ricerche sui laghi nelle Terre Alte? - *Diego Fontaneto e Fabio Stoch*
- Il contributo della citizen science nello studio dei laghi alpini - *Michela Rogora, Alessandro Oggioni, Giovanna Flaim*

Premessa

M. Manca, Direttore CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi

Stefano Costa, Presidente della Provincia del VCO

Il convegno dal titolo "L'ACQUA NELLE TERRE ALTE: un percorso di ricerca attraverso il sistema alpino", organizzato a una settimana dalla giornata mondiale della montagna, si proponeva di portare l'attenzione sul valore dell'ambiente alpino, inteso nella sua accezione più generale, ed in particolare sulle acque in ambiente alpino, nella loro molteplice valenza di sentinelle dei cambiamenti climatici, di risorsa di biodiversità e fonte di approvvigionamento idrico anche per la pianura. Come evidenziato dalle presentazioni che si sono succedute nel corso di una mattinata densa di contenuti, i laghi alpini sono alle radici della presenza dell'Istituto sulle rive del Lago Maggiore: fin dagli esordi delle ricerche sul campo, svolte da quello che allora si chiamava Istituto Italiano di Idrobiologia e testimoniate da foto, filmati, pubblicazioni scientifiche, i laghi alpini sono stati indagati sia per gli aspetti floristici e faunistici, sia per comprenderne il funzionamento dal punto di vista ecologico. Più di recente, essi sono stati studiati come indicatori del trasporto a lunga distanza di inquinanti atmosferici e dei cambiamenti climatici, attraverso progetti internazionali di ampio respiro, finanziati per oltre vent'anni dalla comunità Europea.

Secondo i criteri dell'OECD, lo stesso Lago Maggiore è da considerare "lago alpino", in quanto quasi interamente alimentato da acque provenienti dalle montagne circostanti. Potremmo senza dubbio affermare che, nelle acque di questo lago, nelle loro condizioni originarie, precedenti all'impatto dell'eutrofizzazione degli anni settanta, si specchiavano le acque dei laghi alpini che insistevano nel suo bacino imbrifero. Ricordiamo che il bacino imbrifero del Lago Maggiore, con una superficie di 6600 km², ha un'altitudine mediana di 1400 m s.l.m. e che il Maggiore è uno dei laghi con il più elevato valore del rapporto tra superficie del bacino imbrifero e superficie del bacino lacustre (pari a 31). Questo implica che anche il fattore di amplificazione della quantità di precipitazioni sul bacino imbrifero sia molto elevato: non a caso, la portata del Ticino emissario del Lago Maggiore contribuisce per circa un terzo alla portata totale del Fiume Po in prossimità della sua foce.

In virtù della forte connotazione alpina, il territorio del Verbano Cusio Ossola fa parte delle cosiddette Terre Alte, alle quali oggi si guarda per una valorizzazione piena di quanto esse rappresentano. E' proprio con quest'intento, di piena valorizzazione, che gli interventi di apertura del Convegno hanno riguardato alcune considerazioni generali sulle Terre Alte, con il fine di ampliare le nostre prospettive, prettamente rivolte allo studio degli ecosistemi acquatici alpini, con riflessioni relative alla loro valenza storica, geografica e antropologica. Un intento per il quale ci siamo avvalsi della collaborazione di due Colleghi (Maurizio Vitale e Maurizio Gentilini) del Dipartimento per la gestione documentale del CNR di Roma.

Come si evince dall'analisi dei testi relativi alle diverse presentazioni, gli studi sui laghi alpini sono qui brevemente proposti insieme a ricercatori di altri Enti, quali la Fondazione Edmund Mach di San Michele all'Adige, l'Università degli Studi dell'Aquila, il CNR IREA e l'Ente Parco Nazionale Val Grande. Questo a testimonianza del fatto che essi sono espressione di una rete di collaborazioni, attive da anni e inserite in contesti nazionali e internazionali di ampio respiro.

In questo Istituto, non molto tempo fa, abbiamo ospitato un Convegno, organizzato dall'Ente Parco Nazionale della Val Grande, nel quale rappresentanti di diverse Aree Protette del territorio nazionale si sono confrontati sul tema: "Pesca sostenibile: la conoscenza e la gestione della risorsa ittica nelle acque dolci delle aree protette". L'attenzione per la risorsa ittica risale a molto tempo addietro, ed è profondamente radicata tra queste mura, ove è inserita in una visione ecosistemica di ampio respiro. Oggi questo Istituto è punto di riferimento per la cosiddetta gestione sostenibile della pesca anche in ambiente alpino.

Gli studi sui laghi alpini sono stati anche precursori di un aspetto di grande valore civile e sociale: sono, infatti, un esempio di quella “*citizen science*”, oggi molto valorizzata anche in ambito europeo: si pensi a quanto scritto in HORIZON 2020 sul valore del progresso scientifico e della ricerca per la crescita socioeconomica dell’Europa. Come abilmente sottolineato nel contributo presentato da M. Rogora, G. Flaim e A. Oggioni, le ricerche condotte da questo istituto su 350 laghi alpini negli anni ottanta potrebbero a ragione essere oggi citate come esempio tra i migliori di “scienza al servizio dei cittadini”.

Il grande valore delle acque nelle terre alte non può oggi sfuggire ai decisori e a coloro ai quali è assegnato il compito di indicare i temi per i quali occorre destinare fondi per la ricerca. Per questo, con questo convegno non ci siamo proposti di celebrare, ma piuttosto di rilanciare, in continuità con il passato e con nuovi, avanzati strumenti tecnologici e scientifici, una campagna di studi su questi ambienti, così preziosi, così importanti.

Riassumendo, questo primo Convegno, con il quale abbiamo voluto dare pieno rilievo alla Provincia del Verbano-Cusio-Ossola che, come ha ricordato nel suo intervento il Presidente Costa, è stata riconosciuta finalmente nella sua peculiarità di provincia interamente montana e confinante con stato estero, al pari di Sondrio e Belluno, sia a livello nazionale, grazie alla cd “legge Delrio”, sia a livello regionale con la legge 11/2015 e a tutte le Terre Alte, prende spunto dalle numerose ricerche svolte dall’Istituto fin dalle sue origini in ambienti d’alta quota e si articola in due parti. La prima (M. Vitale; M. Gentilini) volta ad introdurre i compiti e gli obiettivi di un settore della Direzione Generale del CNR, vale a dire la Struttura di Particolare Rilievo Gestione documentale (Ge.Doc), nell’organizzare e produrre documenti di varia natura, da quelli relativi ad aspetti amministrativi fino a quelli tecnico-scientifici. Il contributo del CNR a questi studi in alta quota è evidenziato da Maurizio Gentilini, il quale descrive con dovizia di particolari di natura storica, scientifica, culturale e sportiva le principali fasi che hanno portato il CNR ad occuparsi di ambienti remoti soprattutto in aree delle Alpi e dell’Himalaya.

Nella seconda sezione vengono presentati alcuni degli studi condotti sui laghi d’alta quota con dettagli sugli aspetti inerenti gli impatti antropici, il trasporto a lunga distanza di inquinanti e la distribuzione delle specie animali e vegetali (A. Marchetto e M. Cantonati). Tema questo sviluppato con esempi di *case study* da A. Lami e M. Tolotti con lo specifico riferimento ai cambiamenti climatici. L’evoluzione temporale viene descritta a partire da serie storiche di dati limnologici disponibili per i laghi delle Alpi e ricostruita attraverso le informazioni ottenute dagli studi paleolimnologici. La risorsa acqua e le sue implicazioni socio-economiche nonché ambientali (es. sfruttamento e regolazione della pesca) sono affrontate da P. Volta e T. Bagnati con particolare riferimento agli ambienti acquatici del Parco nazionale della Val Grande. Il futuro delle ricerche in questi laghi, considerati nella loro valenza di ecosistemi sentinella di cambiamenti globali, è affrontato da D. Fontaneto e F. Stoch i quali, con dovizia di dettagli, presentano come le nuove tecnologie oggi disponibili (es. DNA metabarcoding) possano significativamente implementare lo studio della biodiversità e della distribuzione e identificazione tassonomica delle specie presenti in ambienti dulcacquicoli.

Infine, come ricordato, le ricerche più moderne sono oggi sempre più indirizzate verso una nuova scienza, quella rivolta ai cittadini e al loro coinvolgimento nella raccolta dei dati scientifici (*citizen science*; M. Rogora, A. Oggioni, G. Flaim). Nelle intenzioni dei ricercatori, il coinvolgimento di appassionati, di insegnanti, di ragazzi, di gestori del territorio, pubblici e privati, è visto come utile supporto alle attività di ricerca sui laghi, in particolare di quelli situati in aree remote.

Da quanto presentato in questo convegno emergono competenza e genuina passione per queste Terre Alte, le quali, sebbene lontane dai luoghi più antropizzati, portano anche in sé la preoccupazione della trasformazione e dell’evoluzione verso luoghi non più incontaminati. I tempi sono maturi per poter pianificare un nuovo, ampio progetto che, a trent’anni dal precedente, possa consentire di studiarne appieno la valenza ecologica.

Dal documento alla memoria

Ing. Maurizio Vitale, Responsabile Struttura di Particolare Rilievo, Gestione Documentale, Direzione Generale CNR

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche è il più grande Ente pubblico di ricerca nazionale ed è vigilato dal MIUR (Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca). Si differenzia da altri enti di ricerca, di solito impegnati in settori specifici della conoscenza, per rivolgere la sua attenzione a più ambiti disciplinari che vanno dalle scienze cosiddette "dure" alle scienze umane. Articolato in 7 Dipartimenti scientifici, con compiti di coordinamento per le attività di oltre 100 istituti nazionali, a loro volta distribuiti in più sedi, il CNR svolge, promuove, trasferisce, valuta e valorizza la ricerca nei principali settori della conoscenza. L'applicazione dei risultati della ricerca è finalizzato allo sviluppo scientifico, culturale, tecnologico, economico e sociale del "Sistema Paese".

In questo scenario generale vanno inquadrare le strutture dell'amministrazione centrale che hanno compiti di supporto e di servizio per la rete scientifica.

All'interno della Direzione Generale, la Struttura di Particolare Rilievo Gestione Documentale (Ge.Doc.) ha il compito di sovrintendere a tutto il ciclo di vita dei complessi documentari del CNR, con particolare attenzione alla documentazione amministrativa, di cui gestisce il sistema di registrazione obbligatoria, ma con un attivo interesse anche nella documentazione tecnico-scientifica di rilevanza storica. La vita di un documento si articola in tre macro-fasi archivistiche che ne rappresentano lo stato in un determinato istante. Un documento in un "Archivio Corrente" ha ancora una vita attiva (nel procedimento amministrativo, nel fare parte di un progetto scientifico, nell'essere materiale corrente, appunto, nel lavoro quotidiano). Finita la vita attiva il documento passa nella fase di "Deposito", di solito determinata da obblighi normativi (deposito obbligatorio della documentazione amministrativa per un certo numero di anni, deposito obbligatorio della documentazione tecnico-scientifica presso le Biblioteche Centrali Nazionali, ecc.). Finito il periodo di deposito a norma si può procedere alla selezione e scarto, in cui il documento può essere smaltito, a meno che non assuma rilevanza storica. In quest'ultimo caso viene acquisito nell'"Archivio Storico".

La SPR Ge.Doc. sviluppa e gestisce il sistema di protocollo informatico¹ del CNR, primo nucleo per la gestione di documentazione in formato digitale, coordinando l'attività delle oltre 120 Aree Organizzative Omogenee in cui risulta suddiviso. Attualmente sta concentrando l'attenzione sul processo di dematerializzazione, finalizzato a rendere più efficiente l'azione amministrativa con prassi operative sempre più paper-less, attraverso l'uso intensivo di tecnologie abilitanti come la firma digitale e la posta elettronica certificata. Le tematiche relative alla dematerializzazione degli atti amministrativi e all'automazione dei procedimenti che li generano sono di importanza strategica per il CNR. A tale scopo è stato costituito presso la Direzione Generale un gruppo di lavoro per la dematerializzazione, di cui la struttura Gestione Documentale fa parte, che, partendo da una mappatura dei processi, ha avviato diversi progetti pilota. Attraverso lo sviluppo di tali progetti si stanno mettendo a punto metodologie, strumenti, modelli e infrastrutture che saranno di supporto ad una nuova Amministrazione (sempre più) Digitale.

Le mutazioni in corso con la transizione dalla carta al digitale determinano necessità nuove, come la conservazione degli oggetti digitali. Proprio la SPR Ge.Doc., che già governava gli Archivi analogici, è stata individuata come struttura delegata a governare il processo di conservazione digitale del CNR. Ad oggi è in fase avanzata di sviluppo, a cura della SPR Reti e Sistemi Informativi, il sistema di conservazione digitale che consentirà di gestire fondi archivistici di diversa natura e caratteristiche, dalla conservazione a norma della documentazione amministrativa, alla conservazione dei prodotti della ricerca, dei data-set, degli archivi storici e/o iconografici in connessione con la Science & Technology Digital Library² (STDLD) del CNR. Oltre alla gestione e conservazione della documentazione nativa digitale, specialmente per la documentazione storica, per renderla maggiormente fruibile in un contesto sempre più connesso attraverso le tecnologie

¹ <http://protocollo.cnr.it>

² <http://www.stdld.cnr.it>

dell'ICT³, il CNR ha realizzato ed avviato un moderno laboratorio di digitalizzazione in grado di acquisire in formato elettronico, tramite scansione di elevatissima qualità, qualunque documento cartaceo, microfilm in bobine e mini-fiches, fotografie, negativi e diapositive fotografiche (fino al formato 6x9), documenti di grande formato fino all'A0. Tale laboratorio non si limita all'operazione meccanica di scansione, ma gestisce il processo di formazione degli archivi digitali, analizzando i fondi da trattare, definendo l'alberatura della loro descrizione archivistica, definendo i metadati descrittivi del singolo documento, curando il deposito dei documenti nella infrastruttura della STDL del CNR, garantendo la conservazione nel tempo degli oggetti digitali. Il governo di questo laboratorio è affidato alla SPR Gestione Documentale in collaborazione paritetica con la Biblioteca Centrale del CNR e la SPR Reti e Sistemi Informativi. Attraverso tale laboratorio è possibile ridare vita, una nuova vita digitale, alla nostra memoria.

La SPR Ge.Doc. è particolarmente interessata a progetti di valorizzazione del patrimonio archivistico ed iconografico del CNR. Non a caso il Codice per i Beni Culturali definisce tutta la documentazione prodotta dalle Pubbliche Amministrazioni "patrimonio culturale", oltre che demaniale.

Dagli archivi del CNR è sicuramente possibile estrarre una fedele immagine dello sforzo prodotto dal nostro paese, a partire dal 1923⁴, nella ricerca scientifica e tecnologica in una molteplicità di chiavi di lettura (scientifica, storica, iconografica, ecc.). Oltre alla cura e alla valorizzazione dei patrimoni archivistici conservati istituzionalmente dalle varie strutture dell'Ente, l'interesse della SPR Ge.Doc. è anche focalizzato sulle raccolte fotografiche, videografiche e sui disegni prodotti al margine delle attività di ricerca, a volte in modo strettamente personale, dal personale coinvolto. Tali materiali, usati solo parzialmente per documentare l'attività di ricerca, sono solo raramente archiviati sistematicamente e, anche nei casi più virtuosi, ancor più raramente hanno l'occasione di essere valorizzati. Questo patrimonio, la cui esistenza è fortemente connessa all'esistenza del Consiglio Nazionale delle Ricerche, rimane, nella maggior parte dei casi, frammentato, anche in archivi privati, e spesso sepolto in cantine o soffitte. Come eredi della cultura scientifica del passato, e antenati della cultura scientifica del futuro, abbiamo l'obbligo morale di non mandare disperso questo patrimonio, testimonianza di passione, competenza, amore per la scoperta e, non ultima, fatica spesa da donne e uomini per produrre conoscenza.

³ Information and Communication Technology

⁴ Data di costituzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Il CNR e la valorizzazione delle ricerche sulle Terre Alte

Maurizio Gentilini, Dipartimento di Scienze umane e sociali - patrimonio culturale del CNR

La montagna può essere considerata come un'area geografica il cui carattere distintivo è definito dall'altitudine, e quindi facilmente identificabile.

In realtà, se è vero che la montagna evoca un luogo caratterizzato da terra, roccia, ghiaccio, prati e boschi posti al di sopra di una certa quota, quando si cerca di identificare i territori montani nella loro distinzione con la pianura e la collina, si constata tutta la difficoltà nell'isolare criteri certi e nel fissare parametri oggettivi.

Perciò, nemmeno l'ambito disciplinare della geografia e l'applicazione di criteri altimetrici e fisici consentono una definizione univoca ed esaustiva di montagna.

Altrettanta fatica per isolare questo concetto occorre al giurista e al legislatore, al sociologo e all'economista, allo storico ed al narratore, ai cultori dei vari ambiti delle "scienze dure"...

Simbolicamente le montagne rimandano all'idea dell'accumulo, della sedimentazione, della rielaborazione di materiali e conoscenze, ma anche a un limite da valicare, all'opportunità di scoprire orizzonti più vasti, a disposizione della scienza.

Infiniti sono gli elementi e i significati simbolici che le culture di ogni civiltà e di ogni epoca hanno attribuito alla montagna. Per limitarci a qualche esempio storico letterario fondamentale per la cultura occidentale, pensiamo alla narrazione biblica ambientata sul monte Sinai che descrive la consegna a Mosè delle tavole della legge, base dell'alleanza tra Dio e il popolo d'Israele; in epoca medievale, pensiamo alla lettera di Francesco Petrarca nota come "Ascesa al Monte Ventoso", dove la salita alla cima provenzale del Mont Ventoux viene interpretata in senso allegorico come la difficoltà dell'uomo a elevarsi verso le cose superiori, perché trascinato in basso dalle lusinghe mondane; il romanzo "La montagna incantata" di Thomas Mann è un fedele, complesso, esauriente ritratto della civiltà occidentale dei primi decenni del Novecento e, nella sua incantata fusione di prosa e poesia, di vastità scientifica e di arte raffinata, è da considerarsi una pietra miliare della letteratura del XX secolo.

Un'altra suggestione, più vicina alla dimensione prettamente scientifica: fu anche grazie alle montagne, quelle della Luna, osservate con il cannocchiale e alle variazioni di ombra determinate dal Sole, che Galileo Galilei poté dimostrare la correttezza dell'ipotesi eliocentrica copernicana e concorrere a sgretolare le certezze aristotelico-tolemaiche, aprendo le nuove frontiere della scienza moderna e del metodo scientifico.

Le montagne possono essere quindi considerate degli "agenti provocatori", che sollecitano curiosità, impegno, dedizione e sfide per l'uomo di ogni tempo. La montagna può essere studiata, vissuta, percorsa e salita con intenti scientifici, culturali, sportivi, esistenziali. La montagna può anche essere considerata e "letta" come un archivio di dati, esperienze e conoscenze, soprattutto in rapporto all'attività di ricerca scientifica condotta in questo contesto.

Nel corso della sua storia ormai novantennale, il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha sempre visto nella montagna (così come nel mare) un oggetto e un campo di indagine privilegiato. Privilegiato anche in virtù della tradizionale attenzione e vocazione di ricerca del CNR alla trasversalità delle conoscenze e degli ambiti disciplinari, alle trasformazioni dei sistemi di organizzazione dei saperi ed alla loro contaminazione, che negli ampi spazi dell'ambiente montano sembrano trovare un habitat particolarmente accogliente e fertile.

Il CNR, primo ente pubblico di ricerca italiano, è una invenzione tipica del XX secolo. Perché nascono gli enti di ricerca? Quando ci si accorge che esistono e a cosa servono?

L'attacco con i gas asfissianti lanciato dall'esercito tedesco nella seconda battaglia delle Fiandre a Ypres nell'aprile 1915 fu l'evento che portò all'attenzione del mondo lo stato di avanzamento della ricerca scientifica in Germania. Lo studio di questi nuovi armamenti chimici era stato condotto dalla Kaiser-Wilhelm Gesellschaft (poi Max-Planck Gesellschaft), fondata nel 1911, dando vita al primo

modello efficace di ricerca condotta all'infuori delle università (istituzioni nate nel medio evo) e delle accademie (ambienti vocati alla ricerca figli dell'epoca post-rinascimentale e illuministica).

L'internazionalismo della ricerca che aveva caratterizzato l'epoca positivista e il periodo precedente la grande guerra, con il conflitto aveva subito un brusco rallentamento. Nel 1917 in Italia si ebbe l'istituzione dell'Ufficio Invenzioni e Ricerche del Ministero della Guerra, con un settore dedicato a "speciali servizi di ricerche di Chimica, Fisica, Mineralogia e Ingegneria". Queste realizzazioni aprirono la strada all'istituzione del CNR, pensato nell'immediato dopoguerra per "organizzare e promuovere ricerche a scopo scientifico industriale e per la difesa nazionale, secondo il piano proposto dalle conferenze interalleate per la organizzazione scientifica tenute a Londra e a Parigi nel novembre 1918", con i ministeri militari che conservavano sì la precedenza, ma perdevano la preminenza, poiché il ruolo guida era preso dal ministero della pubblica istruzione.

Il 18 novembre 1923 nasceva ufficialmente il Consiglio Nazionale delle Ricerche, primo ente in Italia a promuovere la ricerca scientifica e tecnologica, con l'obiettivo principale di curare gli interessi dello stato in campo industriale e militare.

La nascita degli enti di ricerca risentiva anche dell'influsso delle grandi campagne di esplorazione delle zone remote e ancora sconosciute (tra le quali molte delle cosiddette "terre alte") del pianeta, condotte con il sostegno dei governi nazionali sia per finalità scientifiche (in vari ambiti quali la geografia, la geologia, l'etnografia ...), ma anche per scopi commerciali e coloniali.

Tra il 1913 e il 1914 si svolgeva la grandiosa spedizione italiana in India ed Asia centrale organizzata e guidata da Filippo De Filippi, medico, alpinista, esploratore, scienziato. Un'iniziativa scientifica pianificata per condurre l'esplorazione ed il rilevamento topografico di ampie parti del massiccio himalayano, del Karakorum e del Turkestan cinese, una serie di ricerche di fisica terrestre, indagini di natura antropologica ed antropogeografica.

Una spedizione che rappresenta un simbolo della grande epopea delle ricognizioni e dei viaggi di studio aventi per meta le "terre alte" degli altri continenti, organizzate da esploratori e scienziati europei.

Nel 1929 la spedizione italiana in Pakistan guidata da Aimone di Savoia-Aosta Duca di Spoleto. Responsabile scientifico il giovane geologo Ardito Desio, che condusse un ricco programma di ricerche geologiche e geografiche, osservazioni astronomiche e geofisiche, raccolte zoologiche e botaniche, misurazioni antropologiche, osservazioni meteorologiche.

Negli stessi anni – il 12 maggio 1926 - si concludeva l'epopea delle spedizioni polari con il primo avvistamento indiscusso del Polo Nord da parte dell'equipaggio del dirigibile Norge, progettato e pilotato dal Umberto Nobile e dall'esploratore norvegese Roald Amundsen (due anni più tardi sarebbe seguita la sfortunata spedizione del dirigibile Italia).

Del 1954 la salita del K2 da parte della spedizione nazionale italiana patrocinata dal Club Alpino Italiano, dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dall'Istituto Geografico Militare.

Non fu solo una grande conquista alpinistica, ma anche scientifica, poiché nel corso della spedizione furono condotti importanti rilevamenti nell'area dei massicci montuosi e dei ghiacciai circostanti.

Si è già accennato allo stretto rapporto sempre intercorso tra il Consiglio Nazionale delle Ricerche e la montagna. Anche a livello di infrastrutture, l'attenzione del CNR per i territori montani ha lasciato tracce importanti: dai laboratori del Plateau Rosà (3480 m s.l.m.) costruiti nel 1947 per i centri di fisica nucleare e cosmo geofisica, fino a quelli ospitati nella famosa Piramide alle pendici nepalesi dell'Everest (a 5050 m di quota), ideata e voluta da Ardito Desio, che da venticinque anni ospita spedizioni scientifiche e programmi di ricerca in svariati campi, quali la geofisica, la meteorologia, la fisiologia medica, l'etnografia, la zoologia, la botanica.

Un alto valore simbolico assumono in questo senso anche i laboratori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ubicati nelle viscere del Gran Sasso: una fonte inesauribile di elementi per lo studio della fisica della materia e delle frontiere dell'atomo, trattati in un ambiente prettamente montano.

I risultati di queste attività di ricerca e, conseguentemente, gli enormi archivi di dati da esse generati, spaziano in moltissimi campi dello scibile.

La scienza moderna sta evolvendo in uno stadio ove il processo della scoperta scientifica dipende sempre di più dalla capacità di analizzare e gestire straordinarie quantità di dati.

Il ritmo delle scoperte, e la loro visibilità e utilità sociale, dipende in misura sempre più forte da come gli scienziati riescono ad estrarre contenuti e significato dalla massa di misure, teorie ed esperimenti a loro disposizione.

Questo è particolarmente sentito per le scienze dell'atmosfera, quali la meteorologia e la climatologia, che misurano, studiano e analizzano uno dei sistemi naturali più complessi, confrontandosi continuamente con un numero pressoché infinito di parametri e variabilità.

A titolo di esempio, le regioni montane sono delle autentiche "sentinelle" dei cambiamenti climatici e ambientali e fonti ricchissime di informazioni sul clima del passato.

Informazioni dettagliate sulle zone montane permettono di determinare in anticipo il tipo di evoluzione che ci attende nel prossimo futuro e di preparare le adeguate misure di prevenzione, adattamento e mitigazione degli effetti.

Inoltre, le aree montane rappresentano spesso la riserva idrica di intere regioni: modifiche climatiche e ambientali in alta montagna possono avere effetti anche drammatici sulla disponibilità del cosiddetto "oro blu", che ha un impatto determinante sugli equilibri demografici e sociali, sulla produzione energetica, sull'agricoltura, sull'economia delle aree circostanti.

Settori fortemente complementari a queste ricerche sono rappresentati dalle discipline e dagli studi dedicati alla storia dei ghiacciai ed alla evoluzione idrogeologica del territorio. I ghiacciai rappresentano autentici archivi di reperti e dati per gli studi biologici e paleoclimatici. Le straordinarie modificazioni subite in anni recenti dall'ambiente glaciale a causa del global warming hanno generato una notevole fioritura degli studi glaciologici e delle discipline affini.

Gli imponenti archivi del Comitato Glaciologico Italiano, dell'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) e dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE) del CNR, rappresentano un giacimento di dati e conoscenze di inestimabile valore per lo studio di questi ambienti e per svariati ambiti di ricerca.

Risulta quindi essenziale costruire archivi integrati e interoperabili dei dati e dei metadati, che raccolgano tutte le informazioni e ne permettano l'utilizzo in modo immediato ed efficace, sia ai ricercatori che agli utenti pubblici e privati.

A questo proposito, il CNR ha recentemente promosso il progetto di ricerca NextData, dedicato alla costituzione di un grande sistema per la raccolta, conservazione, accessibilità e diffusione dei dati ambientali e climatici in aree montane e marine.

Il sistema di archivi e i risultati scientifici prodotti dal progetto costituiranno una base di dati unica e insostituibile per la ricerca, per le applicazioni nel campo della salvaguardia ambientale e per la valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici, in grado di fornire supporto ai decisori per la definizione di politiche economiche ed ambientali basate su conoscenze oggettive e per lo sviluppo di strategie di adattamento.

Sono queste anche fonti che mostrano con evidenza quanto sia urgente aprire una riflessione profonda sull'idea di montagna che si vuole consegnare al futuro, e sulla necessità, ormai non più rinviabile, di porre un freno radicale al consumo di territorio, per varare invece decise politiche di riqualificazione paesaggistica e territoriale, di recupero di aree abbandonate o degradate, di ristrutturazione edilizia dell'esistente, di sostegno alla residenzialità e al lavoro in montagna alle giovani generazioni.

Alla vita in montagna si pongono continuamente nuove e non facili sfide. Nuova attenzione e sensibilità si stanno progressivamente organizzando nei confronti della vita in montagna in tutto l'arco alpino. Dopo lo spopolamento, l'abbandono e la marginalizzazione subiti per tutto il corso del Novecento per ragioni di ordine politico, economico e di subalternità culturale (con la prevalenza del paradigma antropologico urbanocentrico), dopo la stagione degli eccessi dello sfruttamento turistico che ha provocato innaturali mutazioni del paesaggio ed una stanzialità sbilanciata su alcune stagioni, provocando enormi disequilibri tra compatibilità e sostenibilità, si stanno cogliendo non pochi indizi

di un mutamento geopolitico dello spazio alpino. Novità ravvisabili negli esiti di ricerche come quella promossa dall'Associazione Dislivelli di Torino e descritta nel volume *Nuovi montanari. Abitare le Alpi nel XXI secolo* (a cura di Federica Corrado, Giuseppe Dematteis, Alberto Di Gioia, Franco Angeli, 2014), dedicata alla composizione di un quadro comparativo del fenomeno dei nuovi abitanti delle valli alpine italiane, dal 2009 al 2011, attraverso l'analisi di dieci aree campione comprese fra la Liguria e la Carnia. Ricerche in qualche modo complementari alle riflessioni di Luigi Luca Cavalli Sforza e Luigi Zanzi raccolte nel volume *Civiltà alpina ed evoluzione umana* (Jaca Book, 2012), dedicato alla storia del progressivo popolamento delle Alpi da parte dell'uomo, del suo "farsi montanaro" e interprete di un paradigma "alpino" di civiltà, che attualmente rischia l'estinzione e che si propone, per contro, come grande e prezioso retaggio culturale.

La storia delle comunità alpine insegna che i principali meccanismi di difesa in ambienti difficili erano costituiti dalla sostenibilità e dalla solidarietà, che si strutturavano in modelli di organizzazione sociale e in stili di vita capaci di fronteggiare le sfide di territori inospitali. Risposte a bisogni primari che contribuivano alla creazione di valori etici e sociali, di consuetudini, di istituti di diritto, di forme di gestione comunitaria dei territori e cooperativa dei beni comuni.

I territori alpini sono stati plasmati, attraverso i secoli, dalla presenza umana. Una presenza che ha modellato, nel lontano passato, i contorni delle montagne, connotando i tratti del paesaggio e delle comunità, ben definite sul piano storico, etnografico e culturale.

La montagna, per sua costituzione "luogo del limite", ha forgiato le regole esistenziali ed etiche, il bagaglio di esperienze e sapienziale delle società che la abitano. I saperi plasmati dalle necessità della sopravvivenza dovrebbero insegnare a non valicare certi limiti nello sfruttamento.

Allo stesso tempo, il superamento del concetto di limite – elemento costitutivo della ricerca scientifica - dovrebbe fornire contributi decisivi per una rinascita culturale, ambientale e produttiva della montagna, intrecciando tradizione e innovazione, ma soprattutto coniugando la verticalità del territorio con l'orizzontalità delle relazioni umane e sociali.

Nascita e sviluppi della limnologia alpina

Aldo Marchetto, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, CNR-ISE, Largo Tonolli 50, 28922 Verbania

Marco Cantonati, MUSE - Museo delle Scienze di Trento, Corso del Lavoro e della Scienza 3, 38122 Trento

La nascita della limnologia si fa risalire convenzionalmente alla pubblicazione del trattato di François Alphonse Forel sul Lago Lemano, tra il 1892 e il 1904. Tuttavia, è evidente che una nuova disciplina scientifica non nasce per lo sforzo di un solo ricercatore, ma per l'attività comune di un gruppo di pionieri. Infatti, alla fine del 1800 erano attivi in tutta Europa diversi ricercatori che, adattando alle acque dolci le tecniche sviluppate per lo studio pionieristico del mare, contribuirono alla nascita della limnologia.

In particolare, in Italia il principale pioniere della limnologia fu Pietro Pavesi, attivo a Pavia, che nel 1877 pubblicò un articolo «intorno all'esistenza della fauna pelagica e d'alto lago anche in Italia».

La limnologia alpina nasce in Italia, in quelle che ora vengono definite le “terre alte”, con i lavori di Paolo Pero in Valtellina nel 1893, seguiti poi dai lavori di Zschokke (1894) e Bourcart (1906) in Svizzera, di Pesta (1912) in Austria, ma soprattutto da quelli di un'altra allieva del Pavesi, Rina Monti, in Ossola e in Val d'Aosta, a partire dal 1903.

Con i lavori della Monti (1904) si passa dalla definizione di liste faunistiche, finalizzati – come si direbbe oggi – a descrivere e quantificare la biodiversità dei laghi alpini, a studi correlativi che permisero di individuare i fattori geologici e morfologici che influenzano la distribuzione delle specie e a descrivere la rete trofica, piuttosto semplice, dei laghi alpini.

Naturalmente, i metodi di campionamento e la strumentazione in uso all'inizio del ventesimo secolo limitavano le possibilità di individuare i componenti della rete trofica, che appariva formata essenzialmente da fitoplancton, zooplancton e organismi macrobentonici, mentre studi più recenti (ad es. Callieri et al. 2002) mostrano che le reti trofiche dei laghi di alta montagna sono dominate, qualitativamente e quantitativamente, dai batteri sensu lato, che formano la base trofica per i protozoi e gli organismi mixotrofi, oltre che per zooplancton e macrobenthos, e che permettono il ricircolo dei nutrienti verso utilizzabili nuovamente dal fitoplancton.

Gli studi della Monti avevano anche una finalità applicativa: valutare le condizioni che rendevano sostenibile la piscicoltura nei laghi alpini, per migliorare in un'economia di sussistenza le condizioni di vita delle popolazioni montane (Monti 1903).

A partire dal 1923, i laghi alpini italiani vennero poi utilizzati come laboratori per verificare teorie ecologiche. Ad esempio Baldi, primo Direttore dell'Istituto Italiano di Idrobiologia (oggi CNR-ISE), utilizzò le popolazioni planctoniche dei laghi come “sistemi isolati” per studiare l'evoluzione genetica (Baldi 1937).

Baldi si interessò anche alle condizioni ecologiche che rendevano possibile il fenomeno dell'arrossamento del Lago di Tovel, in Trentino (Baldi 1941), e da queste campagne sul Lago di Tovel si sviluppò una scuola limnologica locale facente capo al Museo Tridentino di Scienze Naturali, oggi MUSE) che ancora oggi rappresenta uno dei principali poli di ricerca limnologica in Italia. Il MUSE gestisce una stazione limnologica sulle sponde del Lago di Tovel, dove vengono svolti studi specialistici, ad esempio sulla distribuzione della biodiversità lacustre in funzione della profondità (Cellamare et al., 2015), utilizzando tecniche di avanguardia come le analisi degli isotopi stabili (Flaim et al. 2013), la tassonomia molecolare (Obertegger et al., 2012) o l'analisi dei tratti funzionali del fitoplancton (Obertegger & Flaim 2015).

Un importante apporto metodologico nello studio della limnologia alpina venne dai lavori di Livia Pirocchi, Emilia Stella e Vittorio Tonolli, che introdussero l'uso dei campionamenti quantitativi, aprendo la possibilità di utilizzare l'analisi statistica dei risultati (Pirocchi, 1933), l'uso di campionamenti stagionali per descrivere le successioni ecologiche (Stella 1936) e compresero

l'importanza delle caratteristiche chimiche delle acque come fattore previsionale per la distribuzione delle specie (Tonolli & Tonolli 1951).

Negli anni 1980, un gruppo di ricercatori dell'allora Istituto Italiano di Idrobiologia decise di ripetere e aggiornare lo studio dei Tonolli sulla distribuzione delle specie planctoniche nei laghi d'alta quota, accompagnandolo da una migliore descrizione delle caratteristiche chimiche dei laghi (Giussani et al. 1986). Durante questo studio, emerse l'importanza della deposizione atmosferica degli inquinanti che emessi in aree fortemente antropizzate, possono viaggiare per decine di chilometri insieme alle masse d'aria, raggiungendo le aree remote, e venire qui ridepositati attraverso le deposizioni, raggiungendo anche i laghi alpini (Mosello 1984). Lo studio su questi fenomeni, e sulle loro conseguenze sulle comunità biologiche dei laghi alpini, è continuato poi grazie a diversi progetti finanziati dall'Unione Europea, volti ad approfondire le conoscenze sugli ambienti acquatici in aree remote. Centrale a questi progetti era il concetto dei laghi remoti come indicatori dei cambiamenti globali ("early warning systems").

Per verificare l'importanza e l'evoluzione temporale dell'inquinamento a lunga distanza dei laghi alpini, vennero anche utilizzate tecniche paleolimnologiche, che permettono di ricostruire, a partire dai resti organici conservati nei sedimenti dei laghi, la storia delle loro caratteristiche chimiche e delle loro comunità biologiche e che hanno permesso di mostrare un'alterazione delle comunità biologiche, dovuta all'aumento dell'acidità delle acque di alcuni laghi alpini maggiormente sensibili, contemporanea all'emissione di grandi quantità di inquinanti atmosferici nella Pianura Padana (Guilizzoni et al. 1991).

Inoltre, durante questi progetti europei è stato visto come i laghi alpini fossero interessati alla rideposizione di sostanze organiche volatili che evaporano nelle aree calde e temperate, per poi condensare nelle aree fredde, sia polari che di alta quota. In particolare sono stati trovati, in quantità crescenti con la quota, insetticidi come il lindano e metaboliti del DDT

Infine, un nuovo tema di attualità nello studio dei laghi alpini è rappresentato dalla valutazione dell'effetto delle variazioni climatiche, come l'aumento di temperatura, variazioni nel regime delle precipitazioni, ridotta copertura di neve al suolo, scioglimento dei ghiacciai (Rogora 2006). Questi fenomeni rappresentano un importante fattore di disturbo per gli ecosistemi acquatici in alta quota, e in particolare la diminuzione della quantità e durata di neve al suolo ha un evidente effetto sulla chimica delle acque, generando un aumento dei soluti trasportati dal bacino al lago.

Bibliografia

- Baldi, E. 1937. Ricerche biologiche sugli alti laghi della Valsesia. I. I laghetti delle Pisse. Monogr. Comit. Sci. CAI, 1: 7-38.
- Baldi, E. 1941. Ricerche idrobiologiche sul Lago di Tovel. Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid., 9 (6) : 1-300
- Bourcart, F.E. 1906. Les lacs alpine suisses, étude chimique et physique. George et Cie, Genève: 127 pp.
- Callieri, C., Bertoni, R., Corno, G. 2002. Dynamics of bacteria and mixotrophic flagellates in an Alpine lake in relation to Daphnia population development. J. Limnol., 61: 177-182.
- Cellamare M., Lançon, A.M., Leitão M., Cerasino L., Obertegger U., Flaim G. 2015. Phytoplankton functional response to spatial and temporal differences in a cold and oligotrophic lake. Hydrobiologia DOI 10.1007/s10750-015-2313-2.
- Flaim G, Camin F, Tonon A, Obertegger U. 2013. Stable isotopes of lakes and precipitation along an altitudinal gradient in the Eastern Alps. Biogeochemistry 116:187–198
- Forel, F.A. 1892-1904. Le Léman, monographie limnologique. F. Rouge, Lausanne, 3 vols, 543+651+715 pp.
- Giussani, G., R. de Bernardi, R. Mosello, I. Origgi & T. Ruffoni. 1986. Indagine limnologica su i laghi alpini d'alta quota. Documenta Ist. ital. Idrobiol., 9: 1-415.
- Grimalt J.O., Fernandez P., Berdie L., Vilanova R.M., Catalan J., Psenner R., Hofer R., Appleby P.G., Rosseland B.O., Lien L., Massabuau J.C., Battarbee R.W. 2001. Selective trapping of organochlorine compounds in mountain lakes of temperate areas. Environ Sci Technol., 35:2690-7.

- Guilizzoni, P., A. Marchetto, A. Lami, N.G. Cameron, P.G. Appleby, N.L. Rose, Ø.A. Schell, C.A. Belis, A. Giorgis & L. Guzzi. 1996. The environmental history of a mountain lake (Lago Paione Superiore, Central Alps, Italy) for the last 100 years: a multidisciplinary, paleolimnological study. *J. Paleolimnol.*, 15: 245-264.
- Monti, R. 1903. Le condizioni fisico-biologiche dei laghi ossolani e valdostani in rapporto alla piscicoltura. *Acquicoltura Lombarda*: 5 pp.
- Monti, R. 1904. Limnologische Untersuchungen über einige italienische Alpensee. *Ploner Forschungsber.*, 11: 252-275.
- Mosello, R. 1984. Hydrochemistry of high altitude alpine lakes. *Schweiz Z. Hydrol.*, 46: 86-99.
- Obertegger, U., Flaim G. 2015. Community assembly of rotifers based on morphological traits. *Hydrobiologia* 753:31–45. DOI 10.1007/s10750-015-2191-7
- Obertegger, U., D. Fontaneto, G. Flaim. 2012. Using DNA taxonomy to investigate the ecological determinants of plankton diversity: explaining the occurrence of *Synchaeta* spp. (Rotifera, Monogononta) in mountain lakes. *Freshwater Biology* 56: 1–9.
- Pavesi, P. 1877. Intorno alla esistenza della «fauna pelagica» e d'alto lago anche in Italia. *Boll. Soc. entomol. ital.*, 9: 294-297.
- Pero, P. 1893. Ricerche e studi sui laghi valtellinesi. *Nuova Notarisa*, 4: 47-133.
- Pesta, O. 1912. Hochgebirgssen und ihre Fauna. I. Beitrag. *Verh. zool. bot. ges. Wien*, 62: 158-171.
- Zschokke, F. 1894. Die Tierwelt der Juraseen. *Revue suisse Zool.*, 2: 349-376.
- Pirocchi, L. 1933. Contributo alla conoscenza della fauna rotiferologica di alcuni laghi alpini. *Boll. Pesca Piscicol. Idrobiol.*, 9(6): 3-10.
- Rogora M. 2006. Modelling the effect of climate change on recovery of acidified freshwaters: sensitivity of individual processes in the MAGIC and SMART models. *Science of the Total Environment*, 365: 154-166.
- Rogora M., Boggero A., Marchetto A., Mosello R., Tartari G., Zaupa S. 2014. Laghi alpini: un mondo che cambia. In: *Nimbus*, 72: 152-157.
- Stella, E. 1936. Il ciclo planctonico annuale del Lago di Resia. *Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, 69: 11-15.
- Tonolli, V. & L. Tonolli. 1951. Osservazioni sulla biologia ed ecologia di 170 popolamenti zooplanctonici di laghi italiani di alta quota. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 16 : 21-25.

Il valore aggiunto della limnologia comparata: un confronto tra laghi delle Terre Alte

Andrea Lami, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, CNR-ISE, Largo Tonolli 50, 28922 Verbania

Monica Tolotti, Istituto Agrario S. Michele all'Adige - Centro Ricerca e Innovazione, Fondazione Edmund Mach, Via Mach 1, 38010 S. Michele all'Adige

Riassunto

Assodato che il cambiamento climatico è in corso, molte sono ancora le incertezze sulla conseguente risposta da parte degli ecosistemi, in particolare di quelli acquatici. Come emerso sia dall'analisi delle serie storiche di dati, sia da indagini paleolimnologiche, questi ambienti, a differenza di quelli terrestri, presentano dei meccanismi di risposta più complessi, spesso non lineari, o non riconducibili ad una semplice relazione causa-effetto.

Sono qui discussi esempi o casi di studio che evidenziano come le comunità biologiche che vivono in ambienti acquatici abbiano strutture peculiari e come queste caratteristiche siano rispondano agli impatti climatici.

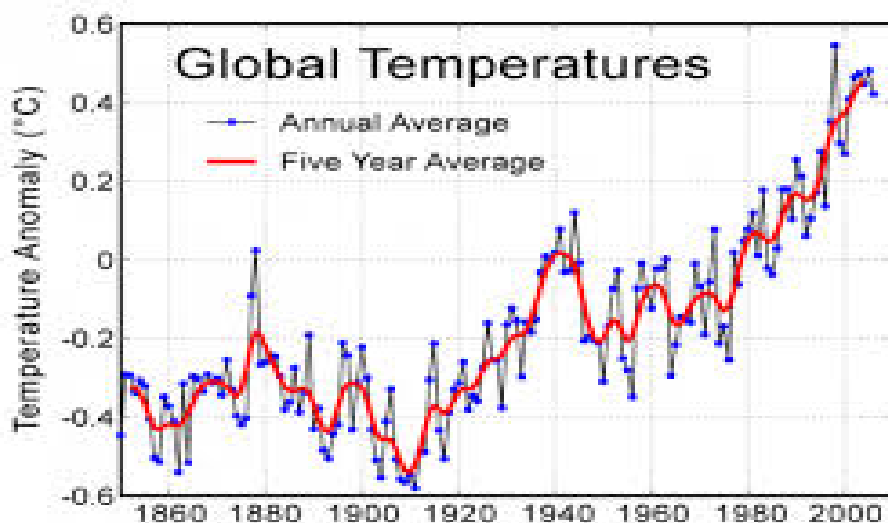
Per valutare in modo appropriato quale sarà l'evoluzione di questi ecosistemi nel prossimo futuro è necessario aumentare la conoscenza di questi ambienti su scala sia spaziale sia temporale, in modo da poter discriminare il contributo di fattori locali o globali, antropici o naturali. In questo contesto gli ambienti acquatici delle Terra Alte possono dare un contributo significativo alla comprensione degli impatti del clima sugli ecosistemi acquatici.

Introduzione

La comunità scientifica ha ad oggi prodotto una significativa quantità di dati e informazioni a supporto del fatto che il cambiamento climatico sia in atto. Recentemente sono stati pubblicati diversi rapporti di sintesi, il più noto dei quali è il 5° rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), il comitato dell'ONU sul clima (Core Writing Team, R.K. and L.A. Meyer, 2014). Il rapporto, che raccoglie i risultati di numerosi scienziati, ha permesso evidenziare come l'ultimo decennio (2002-2011) sia stato il più caldo registrato in Europa, con una temperatura della superficie terrestre più alta di 1,3° C rispetto alla temperatura media in epoca preindustriale (Fig. 1). Le ondate di caldo sono aumentate in termini di frequenza e lunghezza, causando decine di migliaia di morti negli ultimi decenni. Le precipitazioni stanno diminuendo nelle regioni meridionali, ma sono in aumento nell'Europa settentrionale, mentre la criosfera è in fase di progressiva riduzione specialmente nell'emisfero Nord.

Il 5° rapporto dell'IPCC evidenzia anche come i cambiamenti che stiamo osservando siano da imputarsi principalmente all'azione dell'uomo. Infatti, i cambiamenti climatici hanno sempre accompagnato l'evoluzione della Terra, ma sono stati processi lenti quando dovuti a fenomeni naturali, quali ad esempio le oscillazioni dell'asse terrestre. Cambiamenti veloci, dell'ordine di pochi anni, sono tipicamente legati ad eventi repentini e catastrofici, quali le eruzioni vulcaniche. Quello che osserviamo oggi è, contrariamente, un processo molto rapido che mette a rischio la capacità di adattamento degli esseri viventi ed è legato alle emissioni in atmosfera di gas serra. A partire dall'inizio della rivoluzione industriale (~1850), la concentrazione atmosferica dell'anidride carbonica è aumentata del 40% a causa del massiccio consumo di combustibili fossili da parte delle attività produttive umane, la concentrazione del gas metano è cresciuta del 150% e la concentrazione del protossido di azoto è cresciuta del 20%. Ricostruzioni delle concentrazioni della CO₂ basate sull'analisi di carote di ghiaccio in Antartide dimostrano che valori così elevati non sono mai stati raggiunti sulla Terra negli ultimi 800 000 anni (Fig. 1B).

A)



B)

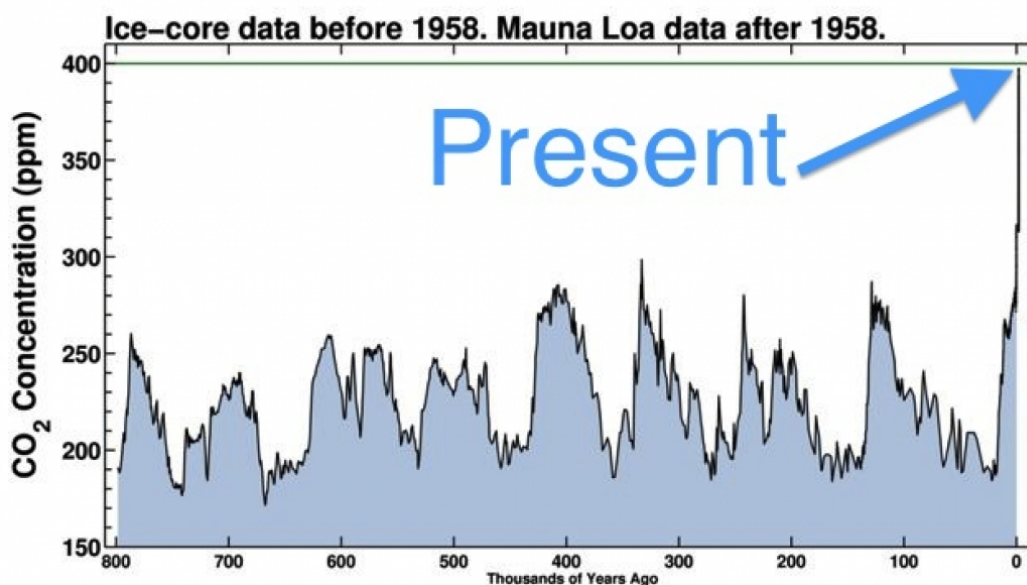


Fig. 1. A) Incremento della temperature globale (espressa come anomalie rispetto al periodo 1930-1960) documentata dalle registrazioni strumentali. B) ricostruzione delle concentrazioni atmosferiche di CO₂ negli ultimi 800 000 ottenuta dall'analisi delle bolle d'aria intrappolate in una carota di ghiaccio prelevata in Antartide. Nel corso di questo lungo periodo sono state osservate numerose oscillazioni della concentrazione di CO₂ fra i 170 e 300 parti per milione (ppm). I valori osservati a partire dal 2008 testimoniano che i valori attuali, legati alle emissioni antropiche siano i valori più elevati mai documentati nel corso degli ultimi 800 000 anni. Fonte: Scripps Institution of Oceanography.

Tuttavia, nonostante le numerose osservazioni e prove sperimentali, le incertezze legate alla comprensione dei cambiamenti climatici sono ancora molte. Infatti, se da un lato i meccanismi che guidano il clima a livello globale sono abbastanza noti, le interazioni del clima con i fattori locali quali la topografia non sono facilmente descrivibili con i modelli oggi disponibili e questo fa sì che le previsioni sull'evoluzione del clima abbiano un elevato grado di variabilità e incertezza. Altrettanto lacunosa è la comprensione dei meccanismi di risposta degli ecosistemi, segnatamente degli ambienti acquatici. Se per gli ambienti terrestri sembra esiste la capacità/possibilità di stabilire delle relazioni causa-effetto e di formulare delle previsioni riguardo ai cambiamenti attesi nella flora e nella fauna, si è ancora lontani dal poter costruire modelli previsionali per gli ambienti acquatici

(Walther, 2010), specialmente per le acque interne, dove l'interazione con il clima si è rivelata essere più complessa e caratterizzata da un grado di risposta differente a seconda delle componenti analizzate. Infatti, i parametri climatici sembrano avere un effetto più diretto sulle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque interne, mentre le risposte a livello di specie e comunità sono modulate da relazioni indirette (Rühland et al., 2015; Taranu et al., 2015) e dall'interazioni con fattori locali non necessariamente legati alle variazioni climatiche globali (Fig. 2).

Qui di seguito sono presentati e discussi alcuni casi di studio che illustrano da un lato la complessità degli ambienti di alta quota e, dall'altro, l'importante contributo che le attività di ricerca possono portare alla comprensione del funzionamento di questi ecosistemi e dei possibili impatti del clima su questi delicati ecosistemi. Inoltre lo studio comparato di aree diverse soggette a fattori locali differenti permette una migliore comprensione delle interazioni fra i cambiamenti climatici globali ed altri fattori di stress locali.

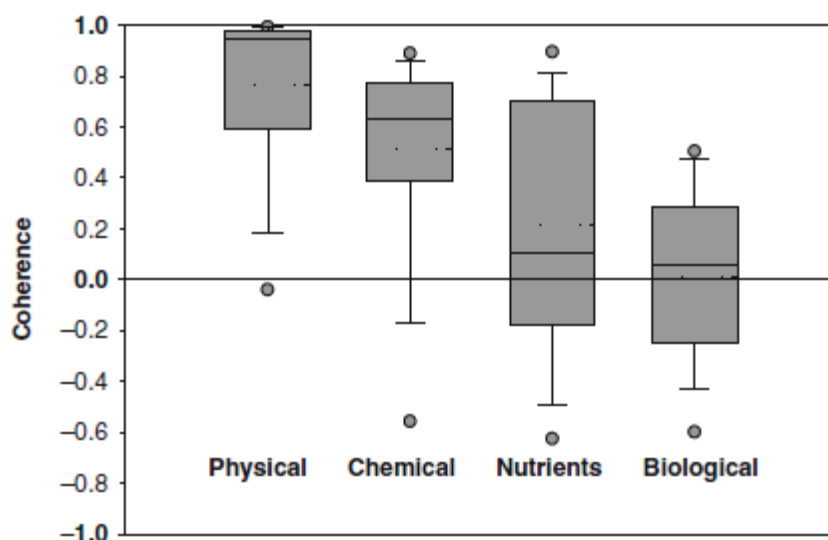


Fig. 2. Box-plot del grado di coerenza (espresso come fattore di correlazione) tra alcuni laghi alpini della regione del Salzkammergut, Austria. Fattori fisici= temperatura superficiale, attenuazione delle luce nella colonna d'acqua e disco di secchi; Fattori chimici= pH, conducibilità e ossigeno disciolto; nutrienti: fosforo e azoto totale, silice disciolta; biologici= clorofilla a e biovolume del fitoplancton. Modificato da Dokulil et al., 2010

Lo studio degli ambienti di alta quota: variabilità spaziale e temporale della risposta ai cambiamenti climatici

In questi anni stiamo assistendo ad importanti trasformazioni della criosfera legate all'impatto dei cambiamenti climatici globali, le più eclatanti delle quali riguardano la progressiva riduzione dei ghiacciai, come documentato dal Comitato Glaciologico Italiano (www.glaciologia.it). Le modificazioni in atto tuttavia non riguardano solo dimensione e distribuzione dei ghiacciai, ma anche una serie di alterazioni dell'intero ciclo idrologico che hanno come conseguenza la trasformazione anche delle risorse idriche e in particolare dei laghi di alta quota. Infatti, l'esame comparato delle immagini satellitari ha permesso di mettere in evidenza come nel corso degli ultimi 50 anni si sia verificata una risposta diversificata a seconda delle fasce altitudinali per cui anche se globalmente il numero e la superficie dei laghi non si è modificato in modo significativo, numerosi nuovi copri idrici sono comparsi alle quote più elevate (Salerno et al., 2014).

Le alterazione della criosfera e i cambiamenti idrologici conseguenza al cambiamento climatico hanno avuto un importante impatto non solo sulla quantità e distribuzione dell'acqua, ma anche sulla sua qualità sia dal punto di vista sia chimico sia biologico. Le variazioni del clima hanno determinato una maggior circolazione dell'acqua derivante dalla fusione dei ghiacciai, ma anche del permafrost alpino. Lo scioglimento di permafrost e rock glaciers ha avuto come conseguenza un generalizzato incremento di ioni disciolti tra i quali anche i metalli pesanti nei laghi alpini situati in quota (Thies et al., 2007). Osservazioni a lungo termine documentano infatti come la progressiva fusione abbia

determinato un generalizzato aumento dei soluti (Rogora et al., 2013) e importanti cambiamenti della flora e della fauna acquatica, che comprendono una forte riduzione delle specie ritrovate nei copri idrici di alta quota influenzati dalla presenza di rock glaciers (Mair et al., 2015)

Sulla base di studi condotti negli ultimi 20 anni (Battarbee et al., 2002; Boggero & Lencioni, 2006; Tolotti et al., 2006; Lami et al., 2007; Marchetto et al., 2009) dove sono stati campionati con metodologie comparabili e standardizzate numerosi laghi di alta quota, intesi come quelli posto al di sopra del limite degli alberi, sono emerse una serie di evidenze che indicano come in questi ambienti anche modeste oscillazioni delle condizioni ambientali e climatiche possano determinare delle forti variazioni nella composizione specifica delle comunità presenti in questi ambienti.

La disponibilità di dati su lunghe serie temporali ha anche documentato come questi ambienti siano caratterizzati da un'elevata variabilità inter-annuale. Pertanto, per poter comprendere se i fenomeni che si osservano siano effettivamente dei trend e non semplici oscillazioni intorno ad uno stato stazionario è necessario disporre di lunghe serie di dati omogeni fra loro. Nel panorama alpino esistono diversi casi di osservazioni prolungate nel tempo di laghi d'alta quota. Tuttavia, quando queste informazioni non sono disponibili un contributo significativo può venire dallo studio dei sedimenti dei laghi (paleolimnologia). Infatti, gli studi paleolimnologici, basati su indicatori sedimentari (proxy) geochimici o biologici, permettono di ricostruire l'evoluzione dei laghi su scale di tempo notevoli (tipicamente dai 100 ai 1000 anni) e con una risoluzione temporale elevata, integrando o estendo quelle che sono le osservazioni sperimentali (Battarbee et al., 2002; Catalan et al., 2013). A titolo di esempio la Figura 3 riporta i risultati di uno studio paleolimnologico del Lago Paione Superiore, Val Bognanco, che ha permesso di ricostruire sia gli impatti legati ai fenomeni di acidificazione che quelli determinati dalle variazioni del clima (Guilizzoni et al., 1996).

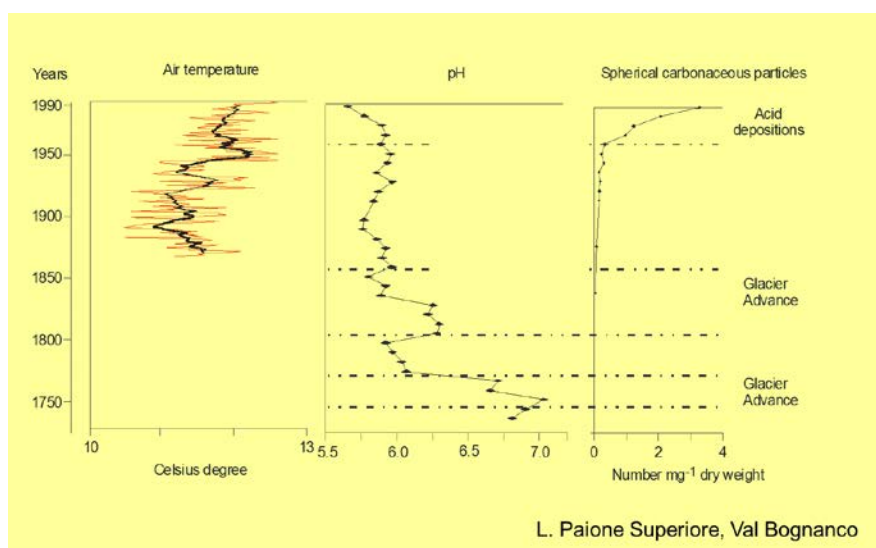


Fig. 3 Lago Paione Superiore, Val Bognanco: la ricostruzione del pH basato sui resti delle diatomee fossili documenta come il pH delle acque del lago sia cambiato in funzione degli apporti di sostanze acidificanti nel periodo 1960-1990, ma anche in funzione delle condizioni climatiche dal 1850 al 1700. Da (Guilizzoni et al., 1996)

Infine, è da sottolineare come un'ulteriore fonte di incertezza nella comprensione dell'impatto del clima sugli ecosistemi acquatici montani sia legata all'eterogeneità spaziale, che fa sì che aree diverse rispondano in modo differente allo stessa perturbazione a causa dell'interferenza di fattori locali che possano modificare la risposta dell'ecosistema. La comprensione di questa variabilità spaziale diventa quindi fondamentale per la corretta valutazione della sensibilità degli ecosistemi agli impatti del clima. Gli studi condotti nell'ambito di alcuni progetti europei e l'inserimento di alcuni siti delle Alpi nella rete italiana/europea? LTER (Long Term Ecological Research) hanno permesso di confrontare siti in località differenti e quindi di evidenziare e distinguere le alterazioni prodotte da processi globali ed effetti locali.

Conclusioni

Con queste breve, e non certo esaustiva, sintesi delle maggiori tematiche di ricerca in atto su siti di alta quota si è voluto dare una panoramica delle problematiche attuali e del contributo che queste ricerche possono portare non solo alla conoscenza di questi ecosistemi, ma anche all'individuazione di modalità di gestione che siano sostenibili anche sul piano ecologico.

Certamente, quello che qui preme sottolineare è l'importanza delle attività di ricerca in ambiente alpino, che non può dirsi conclusa in quanto ancora molti sono gli ambiti e gli aspetti che ancora necessitano di essere approfondimenti. Un secondo aspetto cruciale riguarda l'importanza di arricchire le osservazioni sia nel tempo che nello spazio, al fine di ottenere una solida base di dati validati che permetta di:

- a) valutare quali siano gli effetti dei cambiamenti che stiamo osservando;
- b) valutare la sincronicità della risposta di ambienti localizzati in aree geografiche differenti;
- c) discriminare il «peso» dei fattori locali rispetto a quelli globali nell'influenzare la risposta delle comunità biologiche.

Bibliografia

Battarbee, R. W., J. A. Grytnes, R. Thompson, P. G. Appleby, J. Catalan, A. Korhola, H. J. B. Birks, E. Heegaard, & A. Lami, 2002. Comparing palaeolimnological and instrumental evidence of climate change for remote mountain lakes over the last 200 years RID A-5420-2008 RID C-3103-2008. *Journal of Paleolimnology* 28: 161–179.

Boggero, A., & V. Lencioni, 2006. Researches on macroinvertebrates of twenty-one high altitude lakes: comparison between Pennine-Lepontine and Rhaetian Alps. *Archiv für Hydrobiologie* 165: 37–61.

Catalan, J., S. Pla-Rabés, A. P. Wolfe, J. P. Smol, K. M. Rühland, N. J. Anderson, J. Kopáček, E. Stuchlík, R. Schmidt, K. A. Koinig, L. Camarero, R. J. Flower, O. Heiri, C. Kamenik, A. Korhola, P. R. Leavitt, R. Psenner, & I. Renberg, 2013. Global change revealed by palaeolimnological records from remote lakes: a review. *Journal of Paleolimnology* 49: 513–535.

Core Writing Team, R.K. and L.A. Meyer (ed), 2014. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.

Dokulil, M. T., K. Teubner, A. Jagsch, U. Nickus, R. Adrian, D. Straile, T. Jankowski, A. Herzig, & J. Padisak, 2010. The Impact of Climate Change on Lakes in Central Europe In George, G. (ed), *Impact of Climate Change on European Lakes*. : 387–409.

Guilizzoni, P., A. Marchetto, A. Lami, N. G. Cameron, P. G. Appleby, N. L. Rose, O. A. Schnell, C. A. Belis, A. Giorgis, & L. Guzzi, 1996. The environmental history of a mountain lake (Lago Paione Superiore, central Alps, Italy) for the last c.100 years: A multidisciplinary, palaeolimnological study RID C-5739-2008. *Journal of Paleolimnology* 15: 245–264.

Lami, A., G. A. Tartari, S. Musazzi, P. Guilizzoni, A. Marchetto, M. Manca, A. Boggero, A. M. Nocentini, G. Morabito, G. Tartari, L. Guzzella, R. Bertoni, & C. Callieri, 2007. High altitude Lakes: limnology and paleolimnology In Baudo, R., G. Tartari, E. Vuillermoz, & J. F. J. Shroder (eds), *Developments in earth surface processes - Mountains: witnesses of global changes*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands: 153–168.

Mair, V., K. Lang, D. Tonidandel, B. Thaler, R. Alber, B. Löscher, D. Tait, U. Nickus, K. Krainer, H. Thies, M. Hirnsperger, A. Sapelza, & M. Tolotti, 2015. Progetto Permaqua: Permafrost e il suo effetto sul bilancio idrico e sull'ecologia delle acque in alta montagna. Ufficio Geologia e Prove Materiali, Provincia Autonoma di Bolzano, www.permaqua.eu.

Marchetto, A., M. Rogora, A. Boggero, S. Musazzi, A. Lami, A. F. Lotter, M. Tolotti, H. Thies, R. Psenner, J. Massaferrò, & A. Barbieri, 2009. Response of Alpine lakes to major environmental gradients, as detected through planktonic, benthic and sedimentary assemblages. *Advances in Limnology* 62: 419–440.

Rogora, M., L. Colombo, F. Lepori, A. Marchetto, S. Steingruber, & O. Tornimbeni, 2013. Thirty years of chemical changes in alpine acid-sensitive lakes in the alps. *Water, Air, and Soil Pollution* 224:

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84893363155&partnerID=40&md5=9c4df2882e2a71d4d7c114eb95438712>.

Rühland, K. M., A. M. Paterson, & J. P. Smol, 2015. Lake diatom responses to warming: reviewing the evidence. *Journal of Paleolimnology* 54: 1–35.

Salerno, F., S. Gambelli, G. Viviano, S. Thakuri, N. Guyennon, C. D'Agata, G. Diolaiuti, C. Smiraglia, F. Stefani, D. Bocchiola, & G. Tartari, 2014. High alpine ponds shift upwards as average temperatures increase: A case study of the Ortles–Cevedale mountain group (Southern Alps, Italy) over the last 50 years. *Global and Planetary Change* 120: 81–91.

Taranu, Z. E., I. Gregory-Eaves, P. R. Leavitt, L. Bunting, T. Buchaca, J. Catalan, I. Domaizon, P. Guilizzoni, A. Lami, S. McGowan, H. Moorhouse, G. Morabito, F. R. Pick, M. A. Stevenson, P. L. Thompson, & R. D. Vinebrooke, 2015. Acceleration of cyanobacterial dominance in north temperate-subarctic lakes during the Anthropocene. *Ecology Letters* 18: 375–384.

Thies, H., U. Nickus, V. Mair, R. Tessadri, D. Tait, B. Thaler, & R. Psenner, 2007. Unexpected Response of High Alpine Lake Waters to Climate Warming. *Environmental Science & Technology* 41: 7424–7429.

Tolotti, M., M. Manca, N. Angeli, G. Morabito, B. Thaler, E. Rott, & E. Stuchlik, 2006. Phytoplankton and Zooplankton Associations in a Set of Alpine High Altitude Lakes: Geographic Distribution and Ecology. *Hydrobiologia* 562: 99–122.

Walther, G. R., 2010. Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2019–2024.

L'acqua nelle Terre Alte: una risorsa tra biodiversità e sfruttamento da parte dell'uomo

Pietro Volta, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, CNR-ISE, Largo Tonolli 50, 28922 Verbania

Tullio Bagnati, Direttore Ente Parco Nazionale Val Grande, Villa Biraghi, Piazza Pretorio 6, 28805 Vogogna (VB)

Introduzione

L'acqua è una risorsa fondamentale per la vita dell'uomo e per l'esistenza degli organismi presenti sul pianeta. Tuttavia secondo la visione antropocentrica e utilitaristica dominante l'acqua è considerata un elemento «vuoto», una risorsa da consumare per placare la sete, per la produzione di energia, per l'utilizzo nell'industria, inesauribile. Solo recentemente, sebbene ancora in misura nettamente minoritaria, si sta facendo strada l'idea che l'acqua di laghi e fiumi sia un elemento fondamentale per la vita di un gran numero di altri organismi che svolgono un ruolo decisivo e insostituibile per il funzionamento degli ecosistemi. L'acqua dunque ha valore, e non solo perché può essere utilizzata dall'uomo, ma anche perché è sorgente di diversità biologica (Biodiversità) riconosciuta in se stessa come un valore.

Tra gli organismi acquatici, i pesci sono quelli più noti anche ai non esperti ai lavori, probabilmente per la loro maggior visibilità rispetto agli organismi più piccoli, e possono essere presi a titolo di esempio per capire la complessità delle relazioni che possono intercorrere tra il mondo degli uomini e la risorsa acquatica. I pesci di laghi e fiumi sono infatti al centro di molteplici interessi quali la pesca commerciale e ricreativa, la gastronomia locale, il turismo, ma anche, in quanto organismi viventi, sono parte costituente la biodiversità degli ambienti acquatici. Indirettamente poi sono toccati dall'uso dell'acqua e dagli utilizzi del territorio intorno a fiumi e laghi, che condizionano la struttura degli habitat ripariali ed acquatici e la qualità delle acque stesse.

In questi paragrafi affronteremo brevemente il tema della gestione degli ecosistemi acquatici con un particolare focus sul rapporto tra uomo e fauna ittica. Si porterà all'attenzione del lettore l'esperienza del Parco Nazionale della Val Grande quale esempio di *best practice* gestionale illustrando come da una visione integrata dei problemi si possa arrivare a proporre soluzioni basate su una solida conoscenza scientifica ma che riescono a conciliare diverse esigenze, quelle di conservazione delle risorse naturali e quelle di utilizzo del territorio anche a favore dell'uomo. Infine, si illustrerà una proposta progettuale (IdroLIFE), sottoposta alla attenzione della Unione Europea, e mirata alla tutela della biodiversità acquatica nelle aree protette del VCO anche attraverso il ripristino e valorizzazione dei cosiddetti Corridoi Blu, i corridoi ecologici fluviali. Questa proposta progettuale è condivisa oltre che da numerosi Enti Pubblici anche da *stakeholders* e cofinanziatori privati, nonché associazioni piscatorie e ambientaliste, dimostrando che è possibile raccogliere e conciliare sul tema della tutela e della conservazione degli ambienti acquatici, interessi, esperienze ed esigenze diversi.

La risorsa acquatica nel Verbano Cusio Ossola

Il territorio del Verbano Cusio Ossola è ricco di acque, la cui origine risiede nel grande complesso dei ghiacciai alpini e nella particolare orografia del territorio. Il territorio del Verbano Cusio Ossola è per il 38% occupato da parchi e riserve naturalistiche che inevitabilmente pongono all'attenzione di chi gestisce il territorio il rapporto tra la presenza dell'uomo e la risorsa naturale.

L'acqua nel VCO è stata da sempre utilizzata per molteplici scopi, si pensi ai fiumi e torrenti usati come via e "nastro trasportatore" del legname proveniente dalle valli, per il funzionamento delle industrie metallurgiche e chimiche, per la produzione di energia idroelettrica. Un tessuto produttivo davvero imponente, che, soprattutto agli esordi, relegava l'acqua e la vita contenuta in essa tra gli ultimi posti nelle priorità del territorio.

Solo negli ultimi decenni, anche grazie lo sviluppo di aree del territorio dedicate alla conservazione della natura e delle sue risorse, tra cui ad esempio il Parco Nazionale della Val Grande, si è posta

la dovuta attenzione al reticolo idrografico come “sorgente e casa” della biodiversità. La presenza di numerosissime specie animali e vegetali ritenute in via di estinzione, in pericolo critico, o minacciate (classificazione utilizzata su scala europea e contenuta nella Direttiva Habitat 92/43/CEE) ha consentito di inserire numerose porzioni di territorio in aree protette, soggette a orientamenti gestionali che tengono conto non solo delle realtà sociali e produttive, ma anche inevitabilmente di quelle ambientali.

Il Parco Nazionale della Val Grande: conoscere la risorsa per una gestione sostenibile ed equilibrata del territorio

La gestione della fauna ittica nel Parco Nazionale della Val Grande e l’approccio utilizzato per coniugare tutela della biodiversità ed esigenze alieutiche sono un esempio virtuoso da citare.

Il PNVG possiede un reticolo idrografico ben sviluppato, costituito da torrenti di piccola e media dimensione. Storicamente nei corsi d’acqua della Val Grande si è sempre esercitata la pesca e pertanto, quale scelta di equilibrio con il territorio, il PNVG ha deciso di seguire un approccio flessibile che permettesse di tutelare fauna ittica e la biodiversità ma anche le esigenze dei pescatori. Esistono infatti zone in cui la pesca è aperta (con apposito tesserino segnacatture, calendario di pesca) e zone in cui la pesca è interdetta. Per la recente revisione del Piano della Pesca, il PNVG ha voluto basarsi su un aggiornamento serio delle conoscenze relative allo stato della fauna ittica nelle acque del Parco affidandosi al CNR-ISE. Le indagini avevano l’obiettivo di valutare lo stato delle popolazioni ittiche, evidenziare i possibili elementi di criticità da migliorare con una gestione più puntuale, suggerire linee gestionali che consentissero una maggior compatibilità tra sostenibilità ambientale e prelievo alieutico.

Le indagini ittiologiche sono state effettuate nel corso del triennio 2011-2013 con una intensa campagna di monitoraggio su tutto il reticolo idrografico del PNVG. I risultati hanno messo in evidenza la netta dominanza della trota fario (*Salmo trutta trutta*), e la scarsa presenza di specie quali lo scazzone (*Cottus gobio*) e il vairone (*Telestes souffia*), due specie peraltro inserite nella Direttiva Habitat. La trota fario è l’unica specie oggetto di pesca e pertanto le è stata dedicata particolare attenzione. I risultati delle comparazioni tra i diversi corsi d’acqua hanno messo in luce le importanti differenze tra zone dove si pesca e dove non si può pescare. Nelle prime la densità e la lunghezza media degli individui di trota fario è inferiore rispetto alle seconde, segno inequivocabile di una elevata pressione di pesca. Inoltre, si è visto che la lunghezza minima di cattura di 23 cm non tutela nemmeno la prima riproduzione nella maggiorparte degli individui.

Sulla base dei risultati delle indagini ittiologiche, il nuovo regolamento prevede un innalzamento della misura minima di cattura a 27 cm e una rotazione tra zone di pesca e zone di divieto. Inoltre una parte importante del Rio Valgrande è stata indicata quale zona di catch and release (i pesci catturati devono essere rimessi in acqua).

Con queste misure, pur non impedendo la pesca nelle acque del Parco, si ritiene di poter agire positivamente sullo stato delle popolazioni di trota fario locali, favorendone un recupero sia in termini di densità che di dimensioni e, in definitiva, rendendo compatibile l’attività alieutica con le esigenze naturalistiche. Restano da definire i criteri di intervento a favore delle altre specie ittiche le cui popolazioni risultano decisamente compromesse. Una idea concreta è stata sviluppata all’interno del Progetto IdroLIFE, di cui Parco Nazionale della Val Grande e CNR sono partner.

IdroLIFE: fare sistema per la conservazione della biodiversità nei corridoi fluviali del Verbano Cusio Ossola

L’aspetto gestionale non può non coinvolgere tutte le realtà interessate dall’utilizzo della risorsa. Per questa ragione, i principali enti pubblici del Verbano Cusio Ossola si sono impegnati a proporre il progetto IdroLIFE - Conservazione e gestione dell’idrofauna di interesse comunitario nei corridoi ecologici del Verbano-Cusio-Ossola.

Il Progetto IdroLIFE, proposto all’attenzione dell’Unione Europea per un finanziamento sui fondi LIFE Natura 2015, coinvolge un partenariato ampio composto da Enti pubblici (CNR-ISE, Provincia del

VCO, Parco Nazionale della Val Grande) e privati (GRAIA srl) e una nutrita schiera di cofinanziatori (circa 20 imprenditori idroelettrici) e *stakeholders* (Associazioni di pescatori locali, 2 associazioni ambientaliste, tutti i comuni affacciati ai corsi d'acqua interessati, Amministrazioni regionali di Piemonte e Lombardia).

Questo progetto prende in considerazione il reticolo idrografico del VCO ed in particolare quello che mette in connessione tutte le principali aree protette di questa provincia, includendo dunque il Fiume Toce (dalla foce a oltre Domodossola), il Torrente San Bernardino (dalla foce al Parco Nazionale della Val Grande) e il Lago di Mergozzo. L'idea progettuale, sottoposta alla Unione Europea per un finanziamento di oltre 2ml di Euro all'interno dei fondi LIFE-Natura (Fondi specifici per progetti orientati alla conservazione delle specie animali e vegetali incluse nella Direttiva Habitat) ha come obiettivo generale contribuire all'arresto della perdita di biodiversità acquatica nella Provincia del Verbano Cusio Ossola e alla riduzione dell'impatto dei cambiamenti climatici sull'idrofauna.

Obiettivo concreto di IdroLIFE è contribuire al miglioramento dello stato di conservazione di specie ittiche di interesse comunitario (*Salmo marmoratus*, *Rutilus pigus*, *Chondrostoma soetta*, *Cottus gobio*, *Telestes souffia*) e astacicole (*Austropotamobius pallipes*) non adeguatamente rappresentate o esposte a rischi (pressioni antropiche e climatiche) nei Siti Natura 2000 del Verbano Cusio Ossola.



Figura 1 - Trota marmorata (*Salmo marmoratus*), scazzone (*Cottus gobio*), vairone (*Telestes souffia*)

Le modalità operative prevedono:

- a) gestione e ripristino del corridoio acquatico primario del Fiume Toce e del Torrente San Bernardino;
- b) azioni di conservazione, ripopolamento e gestione diretti;
- c) azioni di divulgazione ed educazione ambientale.

In particolare IdroLIFE prevede:

- ripristino di una struttura ittiogenica dedicata ai Siti Natura 2000 del VCO;
- 5 interventi di deframmentazione sul Fiume Toce, fra Domodossola e il Lago Maggiore, a Migliandone, Prata, Ponte sei arcate, Mizzoccola, Lago Tana;
- 1 intervento di deframmentazione sul Torrente San Bernardino presso la briglia di Verbania;
- realizzazione stazione di monitoraggio con telecamera presso la diga del Lago Tana;
- ripopolamento con almeno 100000 esemplari di *Salmo marmoratus* nelle aree IT1140017 ZPS Fiume TOCE;
- ripopolamento di *Cottus gobio* e *Telestes souffia* nel SIC IT1140011 Val Grande (Parco Nazionale della Val Grande) mediante l'introduzione di almeno 1000 esemplari;
- creazione di nuclei sorgente del gambero di fiume *Austropotamobius pallipes* nel SIC IT1140011 Val Grande (Parco Nazionale della Val Grande);
- reintroduzione di *Rutilus pigus* e *Chondrostoma soetta* nel ZPS IT1140013 Lago di Mergozzo;

- creazione di un parco riproduttori permanente di *Rutilus pigus* e *Chondrostoma soetta*;
- redazione e adozione di linee guida gestionali per la conservazione e la gestione delle specie ittiche ed astacicole di interesse comunitario nel reticolo idrografico del Verbano Cusio Ossola.

Il progetto IdroLIFE, a cui contribuiscono i privati con un cofinanziamento di 330000 euro, si propone di diventare un modello di azione concertata e condivisa nel campo della conciliazione tra interessi diversi sull'uso della risorsa idrica e la tutela della biodiversità. Conservazione della biodiversità, miglioramento degli habitat, educazione ambientale, gestione condivisa sono gli elementi imprescindibili per uno sviluppo sostenibile del territorio della Provincia del VCO, nel rispetto della natura e delle esigenze di sviluppo dei suoi abitanti.

Quali prospettive per il futuro delle ricerche sui laghi nelle Terre Alte?

Diego Fontaneto, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, CNR-ISE, Largo Tonolli 50, 28922 Verbania Pallanza

Fabio Stoch, Dipartimento di Medicina clinica, sanità pubblica, scienze della vita e dell'ambiente, Università degli Studi dell'Aquila, Via Vetoio (Coppito 1), 67100 L'Aquila

Riassunto

Prevedere cambiamenti non è facile, ma spostamenti di rotta negli approcci di ricerca sui laghi nelle Terre Alte riguarderanno probabilmente due aspetti complementari: da una parte il modo in cui si acquisiscono e si archiviano i dati e dall'altra le domande che ci si pone usando i laghi delle Terre Alte come modelli di studio. Il monitoraggio delle caratteristiche dei laghi può essere ottimizzato grazie a nuove tecnologie o nuove concezioni. Esempi di tali cambiamenti riguardano: per il comparto abiotico, le tecniche di telerilevamento o l'utilizzo di droni; per il comparto biotico, gli approcci mediante DNA metabarcoding. Inoltre, l'utilizzo di database aggiornati o interattivi, collegati a livello internazionale (ad esempio PESI, *LifeWatch*, *GenBank* ecc.) permette l'introduzione di app per *smartphone* da usare per citizen science, ad esempio chiavi di riconoscimento fotografiche per organismi viventi. I laghi delle Terre Alte possono essere usati come ambienti modello per rispondere a domande di carattere generale. Ad esempio i laghi in quota possono essere usati come sentinelle del cambiamento climatico, per analizzare la diffusione di nuovi inquinanti (ad esempio i famigerati neonicotinoidi) o di problemi emergenti (come la temibile resistenza agli antibiotici in batteri presenti nell'ambiente) e per studiare gli adattamenti degli organismi agli ambienti estremi, in modo da trovare potenziali applicazioni biotecnologiche.

Introduzione

La sfera di cristallo non è in mano a nessuno e tantomeno in mano agli addetti ai lavori. Per questo motivo, prevedere cosa cambierà in futuro per la ricerca sui laghi delle Terre Alte è più una attività da preveggenza che non da ricercatore che si occupa di ambiente. Malgrado la nostra incapacità di fare previsioni certe a lungo termine e su argomenti ancora non noti, molto probabilmente alcuni cambiamenti riguarderanno il modo in cui si studiano i laghi e soprattutto come vengono raccolti, archiviati e condivisi i dati. Inoltre, cambiamenti di rotta avverranno probabilmente anche per quanto riguarda il motivo per cui i laghi stessi vengono studiati e lo scopo della raccolta dei dati. Questa comunicazione tratta questi argomenti separatamente, per poi concludere con una disamina di futuri progetti per coinvolgere i laghi delle Terre Alte del Verbano Cusio Ossola.

La raccolta dei dati

I laghi delle Terre Alte sono stati oggetto di studio da molti decenni e una vasta mole di dati è attualmente a disposizione, fornendo così le basi per analisi di effetti passati volti a predire cambiamenti futuri (Stoch, 2006). Per poter continuare ad avere una base di dati attendibili di riferimento, i dati stessi devono essere raccolti in continuo. Esistono due tipologie principali di dati che vengono raccolti riguardo ai laghi delle Terre Alte. Da una parte troviamo le variabili abiotiche e dall'altra quelle biotiche (Bertoni, 2006). Esempi classici di variabili abiotiche, cioè non biologiche, riguardano: variabili chimico-fisiche delle acque, quali il pH, la temperatura, la salinità, la concentrazione di vari soluti, la trasparenza, la carica ionica e la conducibilità elettrica; variabili climatiche, come la radiazione solare, l'intensità e la direzione del vento, la piovosità e l'umidità atmosferica; variabili morfologiche, come la profondità del lago, la sua forma e la tipologia del litorale. Ogni variabile richiede una particolare strumentazione per essere misurata e il tasso di evoluzione della tecnologia che ci permette di misurare variabili è in continua crescita. Ci si aspetta dunque di avere a disposizione sempre nuovi strumenti, in grado di raggiungere sempre maggiore dettaglio e precisione e a costi ridotti.

Oltre al miglioramento di strumenti già esistenti, nuovi approcci stanno man mano entrando a far parte del monitoraggio delle variabili ambientali. Ad esempio il telerilevamento da satellite permette di avere misure in continuo di alcune variabili; l'utilizzo di droni comandati a distanza e dotati di sensori permette di raccogliere dati, sia in aria, sia in acqua. Un tipo di strumento ancora non molto usato nei laghi, ma ormai ampiamente collaudato e utilizzato in ambiente marino è il ROV, acronimo di *Remote Operated underwater Vehicle*, cioè Veicolo subacqueo Operato in Remoto. I ROV hanno permesso di esplorare e di raccogliere campioni da zone in mare profondo, prima inaccessibili; alcuni modelli di ROV sono relativamente piccoli e manovrabili e potrebbero trovare feconde applicazioni anche nei laghi delle Terre Alte.

Per quanto riguarda i dati biotici, ovvero quelli che riguardano gli organismi viventi, al momento il monitoraggio prevede campionamenti mirati ai vari comparti floristici e faunistici (ad esempio fitoplancton, zooplancton, zoobentos, macrofite, microalghe come le diatomee, pesci), per poter effettuare la successiva identificazione delle specie raccolte ed eventualmente un conteggio degli individui presenti per ogni specie nelle varie fasi del loro ciclo vitale. Alcuni di questi gruppi di organismi (fitoplancton, diatomee, zoobentos e pesci) sono anche utilizzati per valutare lo stato di qualità biologica delle acque, in base alle normative europee ed il loro studio ha subito negli ultimi anni un notevole impulso. Queste attività tuttavia comportano l'impiego di personale altamente specializzato, in grado di riconoscere a livello di specie organismi spesso microscopici e per la cui identificazione è spesso richiesto un lungo processo di osservazione, di preparazione di parti del campione per una disamina di dettaglio, e di studio da parte di specialisti. Un notevole miglioramento nell'efficienza del processo potrebbe venire dall'utilizzo di sequenze di DNA di questi stessi organismi. Secondo un approccio nato ormai oltre 10 anni fa, ogni specie potrebbe essere identificata in base al proprio codice genetico, usando non tutto il genoma (miliardi di informazioni genetiche), ma un frammento di una particolare sequenza, facile da ottenere grazie ai passi da gigante che continua a compiere la tecnologia del sequenziamento genetico. Sicuramente, nel giro di pochi anni troveranno sempre maggiore impiego sia tecniche ormai ben collaudate come il DNA barcoding partendo da organismi singoli o loro frammenti estratti dai campioni raccolti nei laghi, sia il meta-barcoding partendo direttamente dal campione di acqua e sequenziando in massa tutti gli organismi presenti nel campione (Fontaneto *et al.*, 2015). Queste tecniche, se affiancate ad una banca dati di raffronto delle sequenze geniche delle specie morfologicamente identificate (o di quelle non ben distinguibili dalle congeneri, dette criptiche) presenteranno enormi vantaggi non solo in termini di tempo, ma anche di completezza dell'inventario: si pensi che oggi la maggior parte degli stadi larvali, che costituiscono buona parte degli organismi presenti nei campioni di animali lacustri, non possono in alcun modo essere identificate a livello di specie utilizzando il solo esame morfologico tradizionale.

Quindi, come spesso accade, miglioramenti tecnologici in altri campi, soprattutto in ambito militare (satelliti, droni) o biomedico (sequenziamento genetico), trovano poi applicazioni in campo ambientale e forniscono nuovi e più efficienti metodi per raccogliere dati.

La condivisione dei dati

L'incredibile rivoluzione del mondo moderno dovuta all'utilizzo di sistemi informatici per registrare e scambiare dati ha colpito e continuerà a colpire il mondo della ricerca in campo ambientale (Arias Muñoz *et al.*, 2014). L'enorme mole di dati raccolta continuamente da vari progetti di ricerca, ma anche da osservatori occasionali, confluisce spesso oggi in basi di dati che comunicano tra loro, in modo da fornire poi l'accesso al dato da parte degli utenti interessati. Ogni tipo di dato, abiotico e biotico, ha in genere una propria unità di misura, una propria struttura e un proprio modo di essere utilizzato: diverse piattaforme per l'archiviazione dei dati sono nate per ottimizzarne la gestione. Alcuni esempi sono PESI, <http://www.eu-nomen.eu/pesi/>, per dati di specie viventi, *LifeWatch*, <http://lifewatch.eu/>, per dati relativi alla biodiversità ed agli ecosistemi, *GenBank*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>, per dati di sequenze genetiche.

Il libero accesso a banche dati in continua crescita ed aggiornamento permette, e permetterà sempre di più, di poter creare infrastrutture per una loro gestione e manipolazione da parte di tutti gli utenti. Alcuni esempi molto belli sono le recenti applicazioni per telefonini evoluti (*smartphone*) in grado di

aiutare a cercare e riconoscere specie: Dryades, http://dbiodbs.units.it/carso/chiavi_pub00, o per seguire in tempo reale i cambiamenti delle temperature dell'acqua nei laghi: Pitagora, <http://www.progettopytagora.it>. Queste innovazioni, affiancate alle istruttive campagne di bioblitz (<http://www.bioblitzitalia.it>) che sempre più associazioni ed amministrazioni locali stanno organizzando, potrebbero portare sempre di più la *citizen science*, o scienza dei cittadini, a diventare una realtà e non un'utopia anche per i laghi delle Terre Alte.

Le domande

I continui cambiamenti della società in cui viviamo si riflettono sempre nelle priorità della ricerca scientifica, sia in campo applicato, sia in campo di ricerca di base. Come nel passato i laghi delle Terre Alte sono stati importanti per capire e mitigare gli effetti di problematiche ambientali come l'eutrofizzazione e le piogge acide, al momento questi ambienti sono al centro dell'attenzione per le problematiche legate agli effetti del cambiamento climatico (il famoso *global change*). I laghi alpini rappresentano ambienti isolati, senza gradienti di continuità tra di loro: quindi, al contrario di quanto avviene per organismi che vivono in ambienti terrestri, gli organismi che vivono permanentemente in un lago in quota hanno notevoli difficoltà a spostarsi rapidamente a quote più alte in caso di riscaldamento delle acque. I laghi diventano quindi delle sentinelle molto sensibili per capire cosa succede nel nostro mondo in cambiamento.

Anche studi di base come quelli sugli adattamenti degli organismi ad esempio al congelamento prolungato o all'esposizione ad alti livelli di raggi ultravioletti (anche questi legati a fenomeni che cambiano su larga scala come il famoso "buco dell'ozono"), trovano nei laghi alpini un modello ideale. Le conoscenze di base di come la vita si sia adattata ai laghi delle Terre Alte ci potranno permettere di capire meglio eventuali ulteriori cambiamenti negli organismi viventi sottoposti a stress ambientali legati al cambiamento climatico.

Come è già successo in passato, anche nuovi problemi emergenti hanno un loro effetto sui laghi in quota, che diventano quindi zone chiave di studio e comprensione dei processi alla base dei problemi. Per fare degli esempi, uno dei nuovi problemi ambientali emersi negli ultimi anni è dato dall'utilizzo in agricoltura di pesticidi ad ampio spettro e con efficacia elevatissima. Gli effetti di alcuni di questi, i neonicotinoidi, possono essere devastanti sugli ecosistemi: sono stati incriminati per il collasso delle colonie di api, per la scomparsa degli impollinatori e per gravi danni all'ambiente. Questi problemi potrebbero essere studiati nei laghi alpini, dove le reti alimentari, pur complesse, sono ben conosciute: le interazioni tra organismi permettono di capire il ruolo di questi e di altri inquinanti arrivati fino nelle Terre Alte, nel generare problemi sanitari anche in organismi all'apice delle reti alimentari, come l'uomo.

Un altro problema emergente a livello globale e davvero temibile per la sopravvivenza della società come la conosciamo adesso è quello della resistenza agli antibiotici nei batteri: a causa dell'abuso di antibiotici in medicina ed in agricoltura, moltissimi batteri sono stati esposti a queste molecole ed hanno sviluppato resistenza. Quindi, alcuni dei batteri presenti in natura non possono più venire eliminati da alcun antibiotico oggi conosciuto. Se questi batteri entrano in contatto con batteri patogeni pericolosi per l'uomo e scambiano con essi informazioni genetiche, il problema diventa grave, tanto che il governo americano ha parlato della resistenza agli antibiotici come uno dei principali problemi del nostro millennio (<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/03/27/fact-sheet-obama-administration-releases-national-action-plan-combat-ant>). I laghi a diverse quote nelle Terre Alte sono sottoposti a diverse pressioni di antibiotici dovute a diversi impatti umani (Di Cesare *et al.*, 2015), inclusa la presenza di mandrie al pascolo (Fig. 1). I laghi potrebbero quindi diventare un ambiente modello per capire se e come queste resistenze si sviluppino in natura e quindi per capire come le si possano prevenire e combattere.

Conclusioni

Il futuro delle ricerche nei laghi delle Terre Alte nel Verbano Cusio Ossola ha sia aspetti positivi, dovuti al miglioramento delle tecnologie, sia aspetti inquietanti, in quanto potranno diventare un

campo di studio per capire quanto di negativo sta succedendo al nostro mondo in conseguenze delle azioni umane negative sull'ambiente e che, in definitiva, ricadono poi anche su di noi. I progetti di ricerca nel futuro useranno molto probabilmente i laghi delle Terre Alte sia come sentinelle per monitorare i cambiamenti ambientali, sia come modelli di studio per comprendere i meccanismi e i processi alla base di problemi emergenti e per cercare di proporre soluzioni.



Fig. 1 – Vacche al pascolo sulle rive di un lago raffigurano un paesaggio semi-naturale e rilassante, ma possono rappresentare una forte pressione selettiva sui batteri per la resistenza agli antibiotici (Foto di Mario Contesini).

Bibliografia

Arias Muñoz C., Oggioni A., Brovelli M.A., 2014. Geospatial web services for limnological data: a case study of sensor observation service for ecological observations. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, 9-14.

Bertoni R., 2006. *Laghi e scienza. Introduzione alla limnologia*. Aracne editore.

Di Cesare A., Eckert E.M., Teruggi A., Fontaneto D., Bertoni R., Callieri C., Corno G., 2015. Constitutive presence of antibiotic resistance genes within the bacterial community of a large subalpine lake. *Molecular Ecology* 24 (15), 3888-3900.

Fontaneto D., Flot J.-F., Tang C.Q., 2015. Guidelines for DNA taxonomy, with a focus on the meiofauna. *Marine Biodiversity* 45 (3), 433-451.

Stoch F., 2006. *Lagheti d'alta quota. Perle nel paesaggio di montagna*. Quaderni Habitat N. 14. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare in collaborazione con il Museo Friulano di Storia Naturale.

Il contributo della citizen science allo studio dei laghi nelle Terre Alte

Michela Rogora, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, CNR-ISE, Largo Tonolli 50, 28922 Verbania Pallanza

Alessandro Oggioni, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, Via Bassini, 15 - 20133 Milano

Giovanna Flaim, FEM- Fondazione Edmund Mach, CRI-Department of Agro-Ecosystems and BioResources, Via Mach 2 38010 S. Michele all'Adige (TN)

1. Cos'è la Citizen Science

La Citizen Science (CS), letteralmente “scienza dei cittadini”, può essere definita come una tecnica di ricerca che prevede il coinvolgimento del pubblico nella raccolta di dati scientifici, o più in generale l'impiego di volontari in progetti di ricerca. Negli anni più recenti la comunità scientifica internazionale, efficacemente supportata dalla tecnologia e dagli strumenti di comunicazione, sta vivendo un rafforzamento della collaborazione tra pubblico e ricercatori, tra amatori e specialisti tematici. La diffusione **Citizen Science** può essere vista come una mobilitazione diffusa verso una scienza partecipativa, con una forte componente tecnologica. Un notevole input alla diffusione della Citizen Science è infatti fornito dall'utilizzo dei dispositivi *mobile* (telefoni cellulari e tablet) per la raccolta e la trasmissione dei dati attraverso la rete. Esistono infatti numerosi esempi di progetti in cui si sfruttano le potenzialità della rete per monitorare alcune tipologie di ecosistemi, per trasmettere dati osservativi e per segnalare e catalogare la presenza di particolari specie animali o vegetali. Esistono ormai molteplici progetti, in campo ecologico ma non solo, fortemente basati sul contributo della CS (es. Dickinson et al., 2012). Tale contributo può variare in base al grado di coinvolgimento del pubblico. Haclay (2012) ha proposto una classificazione della partecipazione in 4 livelli, che vanno dal *crowdsourcing* (livello 1), ovvero i cittadini come “sensori” che rilevano dati ambientali ma senza un coinvolgimento nella definizione del problema e nell'interpretazione dei dati, fino alla *collaborative science* (livello 4), in cui il pubblico è coinvolto in tutte le fasi del progetto, dalla raccolta dati alla loro elaborazione e interpretazione.

Una panoramica dei progetti di CS in campo ambientale si può nel report della Commissione Europea “Environmental Citizen Science” (Science Communication Unit, University of the West of England, 2013).

2. Citizen science e laghi

Esistono numerosi esempi di applicazione delle tecniche di CS allo studio dei laghi. La maggior parte di queste esperienze ha finora riguardato i grandi laghi Americani (es. Maine Volunteer Lake Monitors: <http://www.mainevlmp.org/>); Great Lakes Worm Watch: <http://www.nrri.umn.edu/worms/>). Più di recente la CS ha iniziato ad essere utilizzata anche in progetti riguardanti i laghi europei. In generale le applicazioni riguardano il monitoraggio dei laghi attraverso la raccolta di parametri di base che possano essere indicativi dello stato qualitativo delle acque. Molto diffuse ad esempio sono le attività che prevedono il coinvolgimento dei cittadini nella misura della trasparenza delle acque con il Disco di Secchi. Per raccogliere questi dati sono state sviluppate delle App per dispositivi mobili (es. Lake Tahoe Citizen Science App: <http://citizensciencetahoe.org/>; Lake Observer Mobile App: <https://www.lakeobserver.org/>) oppure dei siti web dedicati (es. World Water Monitoring Challenge: <https://nioo.knaw.nl/en/world-water-monitoring-challenge>). Oltre che per la valutazione degli aspetti qualitativi, il coinvolgimento del pubblico può riguardare la segnalazione di specie di particolare interesse oppure di specie invasive (es. Aquatic Invasive Species Monitoring: <http://www.birds.cornell.edu/citscitoolkit/projects/beavercreek/aquaticinvasives/>).

2.1 L'esempio dell'azione COST NETLAKE

Un esempio di coinvolgimento di cittadini e studenti nella raccolta di alcuni dati limnologici di base viene dal progetto europeo NETLAKE (NETworking LAKE Observatories in Europe: <https://www.dkit.ie/networking-lake-observatories-europe>). NETLAKE è un'azione COST del dominio ESSEM (Earth System Science and Environmental Management), iniziata nel 2012. Vi aderiscono 23 paesi europei, inclusa l'Italia (con il Lago Maggiore e il Lago di Tovel), più 3 istituzioni non COST (Stati Uniti, Nuova Zelanda e Australia). L'obiettivo generale di NETLAKE è la creazione di un network di enti, ricercatori e siti di monitoraggio, allo scopo di integrare il più possibile le conoscenze esistenti nel campo del monitoraggio ad alta frequenza dei laghi e applicarle nel campo dello studio e della tutela degli ambienti lacustri. Tra i deliverable di NETLAKE vi sono la creazione di un meta-database di siti esistenti, un tool-box di protocolli standardizzati per la raccolta e l'analisi dei dati, una serie di casi di studio su argomenti di interesse applicativo e gestionale, oltre ad una serie di attività di "Citizen-Science" e la produzione e diffusione di materiale didattico e divulgativo. NETLAKE vuole infatti rappresentare una piattaforma di incontro e scambio tra ricercatori, gestori, amministratori pubblici, associazioni e cittadini interessati al monitoraggio dei laghi, con lo scopo ultimo di colmare il gap spesso esistente tra ricerca, gestione e comunità locali.

Il work-package 3 di NETLAKE è interamente dedicato alle attività di divulgazione e di CS. E' previsto anche il coinvolgimento delle scuole in alcuni dei Paesi partecipanti. In Italia, ad esempio, con il coordinamento della Fondazione Edmund Mach, sono state scolate delle giornate di approfondimento con gli studenti delle scuole secondarie presso il sito NETLAKE Lago di Tovel, dove i ragazzi diventano limnologi per un giorno (Fig. 1).



Fig. 1 – Attività con gli studenti presso il lago di Tovel (Foto di Giovanna Flaim).

2.2 Esperienze di citizen science sui laghi alpini

Nel caso dei laghi alpini d'alta quota, alcuni esempi di CS si possono già rintracciare nelle estese campagne di monitoraggio realizzate negli anni '50 dai coniugi Tonolli e negli anni '70 da ricercatori del CNR ISE per mappare la situazione dei laghi sull'arco alpino relativamente al problema delle piogge acide (Fig. 2). I dati raccolti in queste campagne di campionamento, svolte grazie al contributo di operatori volontari, tra cui numerosi soci del Club Alpino Italiano, permisero di realizzare

le prime indagini spazialmente estese sui laghi d'alta quota, descrivendone ad esempio la composizione chimica e il grado di sensibilità rispetto all'acidificazione (Tonolli & Tonolli, 1951; Giussani et al., 1986).



Fig. 2 - Il materiale utilizzato dai volontari del Club Alpino Italiano per la raccolta dei campioni di acque e plancton sui laghi alpini (a sinistra) e la copertina del Volume n.9 dei Documenta dell'Istituto Italiano di Idrobiologia dedicato ai laghi d'alta quota (Foto di Rosario Mosello).

3. La Citizen Science nella Rete LTER

La Rete Italiana per la Ricerca Ecologica di Lungo Termine (LTER-Italia) è una rete di siti terrestri, d'acqua dolce, di acque di transizione e marine, sui quali si conducono ricerche ecologiche su scala pluridecennale (<http://www.lteritalia.it>). Vi appartengono 25 siti (al 2015), distribuiti su tutto il territorio nazionale, gestiti dai principali Enti di Ricerca, Università e Istituzioni che si occupano di ricerca e monitoraggio ecologici in Italia. LTER-Italia è a sua volta una delle 22 reti nazionali della Rete LTER Europea, che accoglie oltre 400 siti di ricerca, e afferisce anche alla Rete LTER Internazionale, distribuita in più di 40 Paesi sui 5 continenti.

La Rete si occupa fin dalla sua fondazione di coinvolgere la cittadinanza nelle tematiche di ricerca, curandone la divulgazione e proponendo attività partecipative a diverse fasce di utenza. La rete in particolare favorisce e supporta le iniziative di CS nei siti di ricerca.

La rete è inoltre membro della European Citizen Science Association (ECSA), un'associazione sostenuta da organizzazioni di oltre 17 paesi dell'UE. I membri di ECSA lavorano per favorire la crescita del movimento di Citizen Science in Europa e a livello internazionale (<http://ecsa.biodiv.naturkundemuseum-berlin.de/>).

Una prima occasione per sperimentare il coinvolgimento dei cittadini nella ricerca ecologica presso i siti della Rete è stata fornita dai Cammini LTER, una sorta di laboratorio partecipativo itinerante che ha attraversato, durante l'estate 2015, numerosi siti di ricerca della rete, toccando luoghi di grande rilievo ecologico (<http://www.lteritalia.it/it/cammini>).

Nel corso dei Cammini cittadini hanno affrontato numerose tematiche di grande rilevanza ecologica ed hanno svolto alcune esperienze preliminari di CS, volte a raccogliere dati ed osservazioni utili ad aumentare la conoscenza degli ecosistemi e delle dinamiche in atto.

Uno dei Cammini realizzati, il Cammino "Rosa...azzurro...verde! Eco-staffetta tra i siti LTER dal Monte Rosa al Lago Maggiore", ha toccato alcuni ambienti lacustri della Rete LTER, tra cui i laghi d'alta quota Paione Inferiore e Superiore, in Val Bognanco (VB). Presso i laghi si è tenuto un open-day, aperto al pubblico, durante il quale le persone hanno preso parte ad alcune attività di campionamento e di misura (Fig. 3).

I cammini sono stati anche l'occasione per selezionare e testare alcuni strumenti - web e mobile - per consentire ai partecipanti di produrre osservazioni e misure utili alle ricerche in corso. Tra questi

strumenti vi sono ad esempio le App iNaturalist (per osservazioni sulla biodiversità) e EpiCollect (per parametri abiotici generici). Per raccogliere le osservazioni dei volontari, sia durante i cammini che successivamente all'iniziativa, è stato creato un progetto visibile al link:

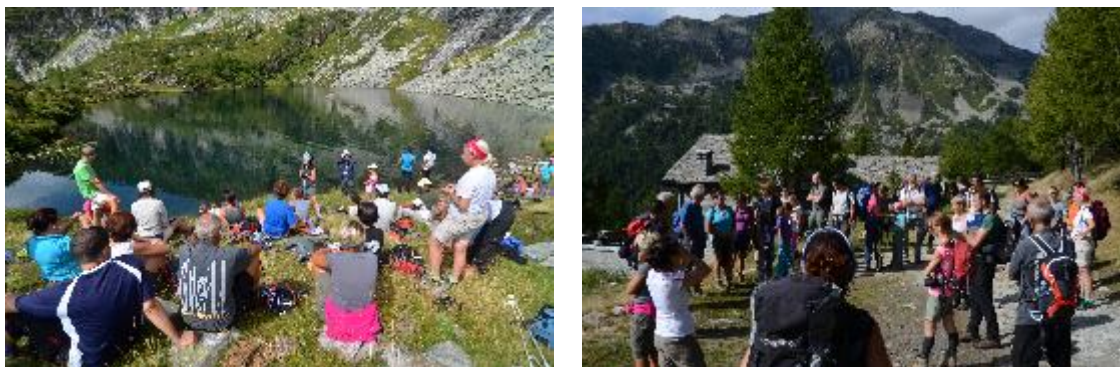


Fig. 3 – L'open-day presso il Lago Paione Inferiore, sito di ricerca della Rete LTER Italy, nell'ambito del Cammino Molte Rosa – Lago Maggiore (Foto di Alfredo Pranzo).

4. Prospettive future: la Citizen Science per le Terre Alte

In prospettiva la Citizen Science può fornire un utile supporto alle attività di ricerca sui laghi, in particolare in aree remote: le difficoltà di accesso a questi siti limitano infatti la possibilità di un monitoraggio continuativo e frequente sia degli aspetti biotici che abiotici. Il contributo di volontari, sotto forma di invio di dati osservativi o di raccolta di campioni, può senz'altro rappresentare un valore aggiunto e un'integrazione rispetto alle attività condotte dai ricercatori. Il contributo da parte dei volontari potrebbe riguardare principalmente due vantaggi: (1) estendere il numero di ambienti oggetto di indagine, consentendo ad esempio di svolgere *survey* geograficamente estese e in periodi di tempo limitati; (2) aumentare la frequenza delle osservazioni/campionamenti. Entrambi questi aspetti potrebbero essere di particolare importanza nello studio degli ambienti remoti in relazioni a fattori di perturbazione come i cambiamenti climatici. Osservazioni ad alta frequenza e a lungo termine di alcuni semplici indicatori (es. copertura ghiacciata del lago, presenza di neve al suolo nel bacino) possono infatti integrare le informazioni derivanti da campionamenti ed analisi più di dettaglio.

Bibliografia

Dickinson, J. L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R. L., Martin, J., Phillips, T. and Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10, 291–297. doi:10.1890/110236

Giussani, G., R. de Bernardi, R. Mosello, I. Origi e T. Ruffoni. 1986. Indagine limnologica sui laghi alpini d'alta quota. *Documenta Ist. Ital. Idrobiol.*, 9: 415 pp.

Haklay, M. 2012. Citizen Science and Volunteered Geographic Information – overview and typology of participation. In: Sui, D.Z., Elwood, S. and M.F. Goodchild (eds.), 2012. *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*. Berlin: Springer. pp 105-122. DOI: 10.1007/978-94-007-4587-2_7

Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol. 2013. *Science for Environment Policy In-depth Report: Environmental Citizen Science*. Report produced for the European Commission DG Environment, December 2013 (http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR9_en.pdf)

Tonolli, L. & V. Tonolli. 1951. Osservazioni sulla biologia ed ecologia di 170 popolamenti zooplanctonici di laghi italiani d'alta quota. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 6: 53-136.

ISBN 978 88 8080 263 1