

## 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](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.