

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.