

# Le piogge acide e gli ecosistemi acquatici alpini

Alberto Barbieri, Stefano Pozzi



foto Ti-press / Ely Riva

## Introduzione

**G**li ecosistemi alpini, specialmente i laghetti ed i torrenti, suscitano l'interesse dei ricercatori e dell'opinione pubblica poiché rappresentano uno dei pochi ecosistemi naturali rimasti in un ambiente densamente popolato. Questi ambienti remoti sono dei buoni indicatori del degrado ambientale poiché sono estremamente sensibili alle deposizioni di inquinanti atmosferici, che possono comportare ad esempio l'alterazione chimica delle acque superficiali (con conseguenze sulla struttura degli ecosistemi acquatici), danni agli ecosistemi forestali e il rilascio di metalli tossici per numerosi organismi (piombo ed alluminio).

Le regioni a sud delle Alpi, come già osservato nell'articolo «L'acqua dal cielo»

(v. pp. 35-38), ricevono elevate deposizioni di composti acidificanti e fertilizzanti (azoto) emessi principalmente nella Pianura Padana, dove il territorio risulta essere densamente abitato e ospita intense attività industriali, agricole e zootecniche. La maggior parte degli ecosistemi alpini ticinesi si trova in una regione dominata dalla presenza di rocce cristalline, perciò spesso non possiede una riserva di alcalinità in grado di neutralizzare l'acidità apportata dalle deposizioni atmosferiche e di garantire quindi il normale svolgersi dei processi biologici. Alla sfavorevole condizione geologica della maggior parte dei laghi e delle foreste alpine, si aggiunge la presenza di suoli sottili e pendenze elevate che, rendendo rapido lo scorrere delle acque di pioggia, riducono al minimo la possibilità di

neutralizzazione dell'acidità.

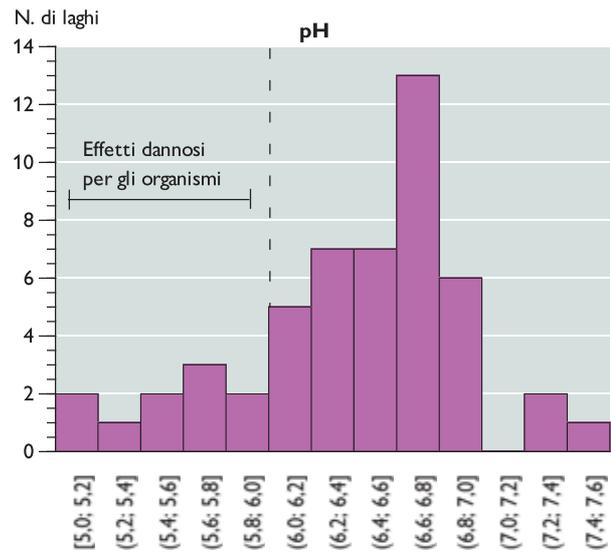
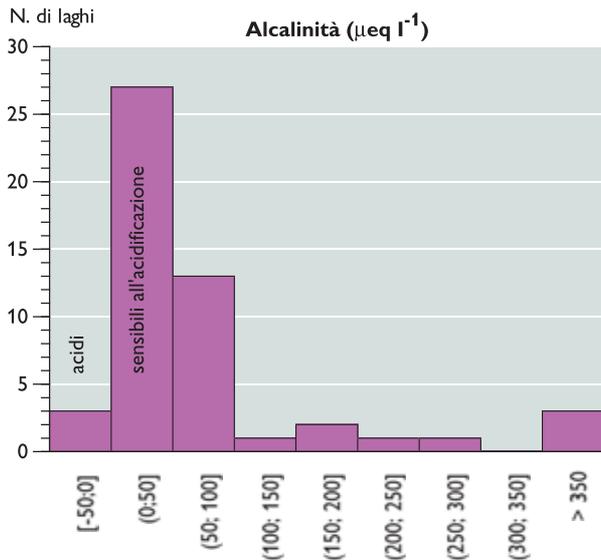
Per valutare l'estensione degli effetti delle deposizioni acide sugli ecosistemi alpini, l'Ufficio Protezione e Depurazione Acque (UPDA) del Canton Ticino in collaborazione con l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE-CNR) di Pallanza (Italia) svolge a partire dai primi anni '80 indagini sui corpi d'acqua di alta quota e sulle deposizioni atmosferiche.

## L'acidificazione dei laghetti

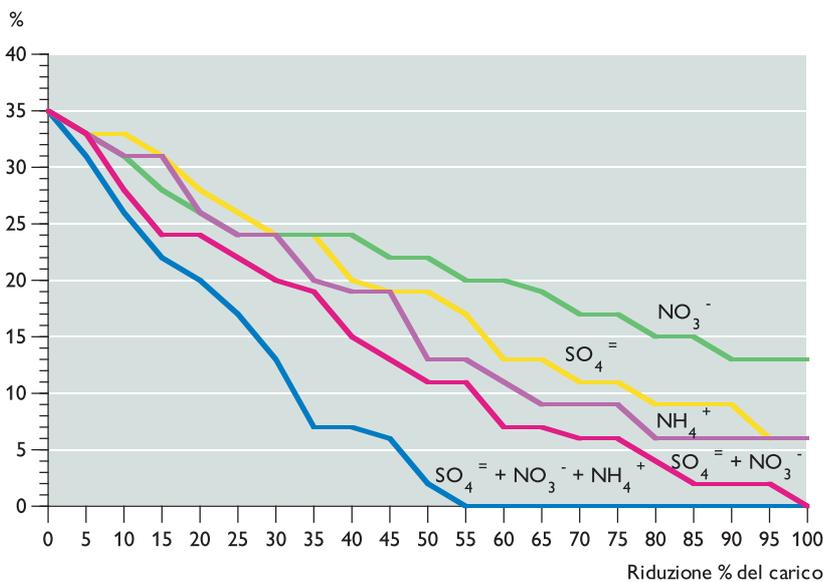
Le campagne di indagine sui laghetti alpini ticinesi hanno permesso di verificare come la maggior parte di essi debba essere considerata a rischio di acidificazione. Nel corso degli anni '90 i valori di alcalinità, che forniscono un'indicazione della sensibilità all'acidificazio-

**«La maggior parte dei laghetti alpini va considerata a rischio di acidificazione.»**

## A Concentrazioni di alcalinità e dei valori di pH in 51 laghetti alpini ticinesi campionati durante gli anni '90



## B Percentuale di laghi con alcalinità inferiori al livello critico di 20 μeq l<sup>-1</sup> a seconda di diversi scenari di riduzione dei composti acidificanti.



Fonte: [Boggero et al., 1998]

ne, sono infatti risultati bassi (alcalinità < 200 μeq l<sup>-1</sup>) nel 90% dei laghetti alpini campionati (v. graf. A). Inoltre su 51 laghetti, 30 sono risultati estremamente sensibili (alcalinità < 50 μeq l<sup>-1</sup>) e 3 decisamente acidi (alcalinità < 0 μeq l<sup>-1</sup>). Per quanto riguarda i valori di pH,

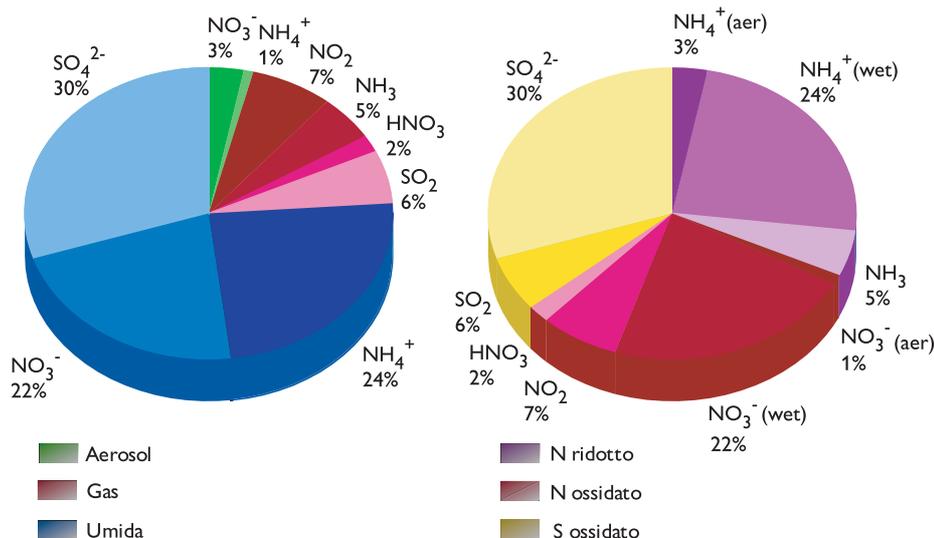
in 10 laghetti essi sono risultati inferiori a 6,0 unità, valore limite al di sotto del quale spesso sono stati riscontrati problemi per diversi organismi acquatici [Schindler et al., 1985; Raddum e Fjellheim, 1984; Mills e Schindler, 1986].

Alcune indagini sui sedimenti dei laghetti alpini, che costituiscono uno dei più completi e dettagliati archivi utilizzabili per ricostruire l'evoluzione delle caratteristiche chimiche di questi ambienti, hanno evidenziato il legame tra l'acidificazione dei corpi d'acqua alpini e l'inquinamento dovuto all'utilizzo dei combustibili fossili [Guilizzoni e Lami, 1993].

### I carichi critici e gli scenari

Per poter valutare il livello di alterazione delle acque dei laghetti sono stati svolti e sono tuttora in corso diversi studi per valutare i carichi critici e le eccedenze di acidità. I primi risultati hanno mostrato che, se si considera un valore critico di alcalinità pari a 20 μeq l<sup>-1</sup>, i carichi critici sono superati per circa il 33% dei laghetti alpini a sud delle Alpi [Boggero et al., 1998]. Utilizzando un modello matematico è inoltre stato possibile valutare la variazione della percentuale di laghi con eccedenze di acidità in funzione di diversi scenari che prevedono la riduzione del carico acidificante (v. graf. B; [Boggero et al., 1998]). Una riduzione del 55% del carico dei diversi composti acidificanti (solfato, nitrato ed ammonio) permetterebbe di salvaguardare tutti i laghetti, mentre se si

**C** Contributo medio percentuale al carico acidificante per il periodo 1993-1998 dei composti dello zolfo e dei composti ridotti ed ossidati dell'azoto.



Fonte: [SAEFL 2001].

lasciassero le concentrazioni di ammonio al livello attuale, per ottenere lo stesso risultato sarebbe necessaria una diminuzione del 100% delle emissioni di solfato e di nitrato.

### L'acidificazione dei corsi d'acqua

I fenomeni di acidificazione non sono però stati riscontrati solo nei laghetti alpini. Un'indagine condotta nel 2000 in collaborazione con l'università di Cardiff ha permesso infatti di osservare episodi di acidificazione

in alcuni torrenti di montagna nel corso dei mesi primaverili. La riduzione delle concentrazioni di alcalinità e dei valori di pH osservata durante questi mesi è dovuta al duplice effetto provocato dalle intense precipitazioni e dallo scioglimento delle nevi ovvero alla diluizione e all'apporto di elevati carichi acidificanti. Gli episodi di acidificazione dei torrenti alpini sono stati ancora poco studiati nella nostra regione, perciò alcuni obiettivi delle indagini attualmente in corso sono quelli di quantificare separatamente l'impatto sui torrenti alpini della diluizione e dell'acidificazione, di stabilire la durata di questi episodi e di valutare i possibili danni alla fauna fluviale.

### La sovralfertilizzazione da azoto

Oltre ai fenomeni di acidificazione, le elevate deposizioni dei composti dell'azoto comportano la sovralfertilizzazione degli ecosistemi alpini, con danni alle foreste ed agli ecosistemi acquatici. Quando le deposizioni di azoto sono superiori a quelle necessarie per il metabolismo della vegetazione e dei microrganismi, l'eccesso finisce nelle acque superficiali e spesso vi è un aumento della mineralizzazione dell'azoto e della nitrificazione nei suoli. La conferma della criticità degli ecosistemi del bacino imbrifero del Lago Maggiore per quanto riguarda la sovralfertilizzazione da azoto è stata verificata applicando un modello proposto da Stoddard (1995). Sulla base di questo modello è stato possibile evidenziare, dai valori di nitrato nelle acque di alcuni fiumi, che i suoli sono in genere sovrassaturi di questo nutriente [Mosello et al., 2001].

### Le deposizioni atmosferiche

Lo studio delle deposizioni atmosferiche nel bacino imbrifero del Lago Maggiore ha permesso di evidenziare come i carichi di aci-

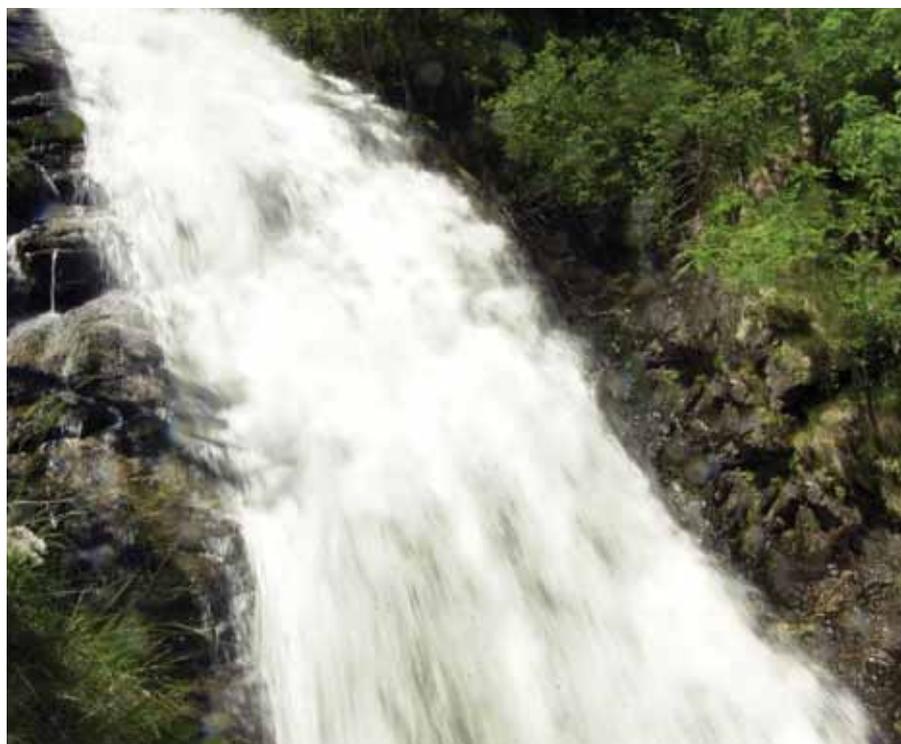


foto Ti-press / Benedetto Galli

dità e di azoto siano tuttora superiori ai carichi critici (v. l'articolo «L'acqua dal cielo», pp. 35-38). I carichi di acidità derivano attualmente per il 76% dalla deposizione umida, per il 20% dalla deposizione di gas e solo per il 4% dalla deposizione di aerosol (Figura C; [SAEFL, 2001]). I composti dell'azoto vi contribuiscono per il 64%, mentre quelli dello zolfo solo per il 36%. Per cercare di stimare il contributo dell'inquinamento locale e quello proveniente da lontano è stato applicato al chimismo delle precipitazioni settimanali il modello di diluizione ideale. Questo modello consente di separare i carichi di composti dello zolfo e dell'azoto a seconda della loro dissoluzione nelle precipitazioni: *rainout* (a livello della nube) e *washout* (lungo il percorso che le gocce di pioggia compiono nell'atmosfera prima di raggiungere la superficie terrestre). Considerando il *rainout* come la concentrazione determinata in prevalenza dal trasporto ed il *washout* come il carico definito sia dalle emissioni locali che dal trasporto, è stato possibile stimare che nel Canton Ticino l'apporto da lontano (*rainout*) rappresenta mediamente l'80% per i composti dello zolfo e almeno il 60% per quelli dell'azoto [SAEFL 2001]. Tuttavia per ottenere una stima più realistica del *rainout* e del *washout* sono necessari ulteriori approfondimenti.

## Conclusioni

Diversi studi dell'UPDA riguardanti gli ecosistemi acquatici d'alta quota sono stati svolti nell'ambito di progetti di ricerca nazionali ed internazionali, ed hanno permesso di definire a livello preliminare gli effetti delle deposizioni atmosferiche d'inquinanti sugli ecosistemi alpini del Canton Ticino per quanto riguarda i fenomeni dell'acidificazione e della sovralfertilizzazione da azoto. Essi hanno inoltre consentito di fornire importanti indicazioni in merito agli interventi da attuare a salvaguardia degli ecosistemi alpini attraverso la riduzione delle emissioni dei composti dello zolfo (provenienti soprattutto dalle centrali termoelettriche) e di quelli dell'azoto (provenienti in forma ossidata dal traffico, ed in forma ridotta dall'agricoltura e dall'allevamento intensivo), sia sul territorio Cantonale sia nella Pianura Padana: indicazioni che costituiscono una base di discussione indispensabile nell'ambito delle trattative internazionali di politica ambientale.

E' evidente che in futuro sarà necessario continuare ed approfondire ulteriormente le indagini in questo settore per seguire l'evoluzione a medio e lungo termine degli inquinanti finora studiati, per valutare gli effetti ambientali di altri gruppi di sostanze (metalli pesanti,

inquinanti organici persistenti, ecc.) e per ipotizzare le possibili conseguenze dei cambiamenti climatici sull'ambiente alpino. ■

## Bibliografia

Barbieri, A.; Pozzi, S.: Acidifying Deposition. Southern Switzerland. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Environmental documentation No. 134, Air, 113 p., 2001.

Boggero, A. et al.: Chemistry and critical loads of Alpine lakes in Cantone Ticino. (Southern Central Alps), *Aquat. Sci.*, 60, p. 300-315, 1998.

Guilizzoni, P.; Lami, A.: The lake acidification problem. Sediment core analyses in some high altitudes lakes. (NW Alps). In: Giussani, G.; Callieri, C. (Eds.) *Proceedings of the 5th International Conference on the Conservation and management of lakes «Strategies for lake ecosystems beyond 2000»*, 417, 1993.

Mills, K.H.; Schindler, D.W.: Biological indicators of lake acidification, *Wat., Air, and Soil Pollut.* 30, p. 779-789, 1986.

Mosello, R. et al.: Nitrogen budget of Lago Maggiore. The relative importance of atmospheric deposition and catchment sources. *J. Limnol.* 60(1), p. 27-40, 2001.

Raddum, G.G.; Fjellheim, A.: Acidification and early warning organism in freshwaters in western Norway. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 22, 1973-1980, 1984.

Schindler, G.W.; Turner, M.A.; Hesslein, R.H.: Acidification and alkalization of lakes by experimental addition of nitrogen compounds. *Biogeochemistry*, 1, p. 117-133, 1985.

Wright, R.F.: Predicting acidification of North American Lakes. *Acid Rain Res. Rep.* 4(83), 165 p., 1983.



foto Ti-press / Ely Riva