

Ripercussioni biologiche dei cambiamenti climatici sui laghi alpini di alta quota

Raffaele Peduzzi, Antonella Demarta, Sandro Peduzzi, Mauro Tonolla,
Centro di Biologia Alpina Piora, Istituto Cantonale di Microbiologia, Bellinzona

Introduzione

È risaputo che il ritiro dei ghiacciai si accelera; la loro superficie si è ridotta del 30% - 40% a partire dalla metà del diciannovesimo secolo.

Sui laghi alpini le ripercussioni sono difficili da prevedere e sono meno appariscenti dell'effetto documentato sui ghiacciai. Queste conseguenze, non necessariamente negative dal profilo biologico, finora sono state poco indagate.

I laghi d'alta quota costituiscono degli ambienti particolarmente sensibili e sono sovente posti ad altitudini, appena inferiori a quelle dei ghiacciai. Sono degli ecosistemi estremi minacciati dai fenomeni globali. A causa del freddo, della povertà in nutrienti, della forte radiazione ultravioletta e dei lunghi periodi di oscurità, sono degli habitat eccezionali. Su habitat estremi variazioni climatiche anche minime possono avere conseguenze molto importanti su organismi estremofili. Risulta pertanto interessante verificare le conseguenze del riscaldamento del pianeta anche a livello di questi delicati metabolismi.

Comprensorio geografico considerato

La nostra osservazione è basata sull'esperienza di terreno maturata tramite la frequenza assidua, costante negli anni a partire dal 1983, con misure regolari effettuate nei laghi della Val Piora durante la terza settimana di luglio (29° settimana dell'anno) in occa-

sione dello stage "d'Hydrobiologie microbienne et écologie alpine" organizzato presso il Centro Biologia Alpina di Piora nel quadro dell'insegnamento alla Facoltà delle scienze dell'Università di Ginevra. Lo stage della durata di una settimana prevede la comparazione dal profilo biologico e fisico-chimico dei laghi alpini della zona posti ad altitudine diverse e su zoccoli geologici calcarei e cristallini ed è indirizzato alla formazione di biologi ed ai candidati al Master in scienze ambientali (MESNE), come pure al diploma di studi approfonditi in microbiologia (DEA).

I campionamenti effettuati nei diversi anni (dal 1983 al 2005) concernono i laghi: Lago Scuro (2.451 m.s/m), il Lago di Dentro (2.298 m.s/m), i laghi di Taneda (2.305 m.s/m), il Lago di Giubbin (2.097 m.s/m), il Lago Tom (2.021 m.s/m) e il Lago di Cadagno (1.923 m.s/m).

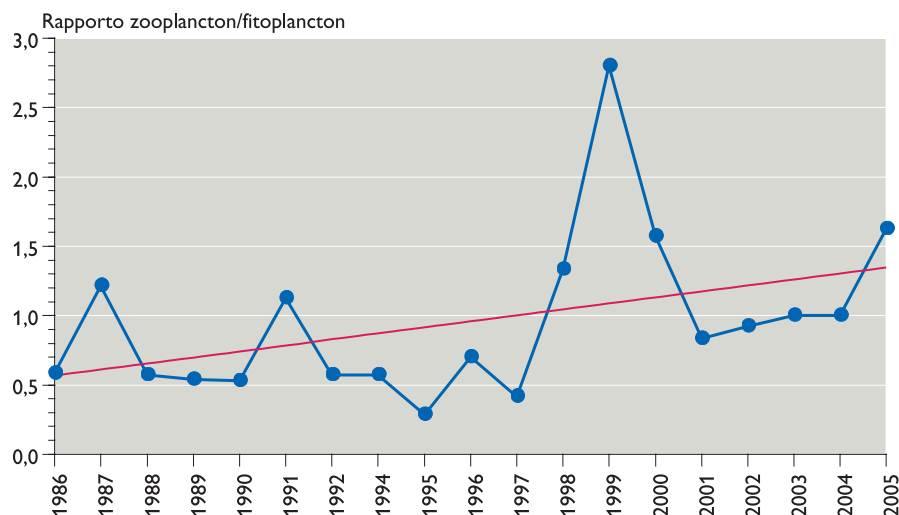
Cambiamento climatico e popolazione planctonica

Tramite i prelievi effettuati sui laghi alpini menzionati, possiamo evidenziare l'influenza dell'aumento della temperatura nella dinamica interna del metabolismo del corpo d'acqua. Possiamo ripercorrere con i dati inerenti le determinazioni planctoniche, la quantità di specie di fito e zooplancton ed analizzare così il rapporto tra i due comparti numero di specie di zooplancton su numero di specie di fitoplancton (v. fig. A). La linea di tendenza del rapporto calcolata e riportata nella figura A indica l'aumento negli ultimi anni del numero di specie recensite di zooplancton rispetto al numero di specie di fitoplancton.

Secondo il grafico classico di Odum inerente il meccanismo delle successioni delle



A Andamento negli anni (1986-2005) del rapporto: numero di specie di zooplancton su numero di specie di fitoplancton



La linea di tendenza ("regressione lineare" in rosso) indica l'aumento del numero relativo di specie recensite di zooplancton.

popolazioni fitoplanctoniche nei laghi della zona temperata, "si ha una notevole fioritura primaverile, e un'altra, in genere più ridotta, in autunno".

Nei laghi alpini di alta quota a causa della presenza di neve e ghiaccio la produzione di fitoplancton sull'arco dell'anno si riduce ad un solo "picco", temporaneamente spostato in

estate. Per quanto concerne il Lago di Cadagno un secondo picco di produzione primaria è però postulabile.

La tendenza che abbiamo constatato negli ultimi anni è che già durante la 29° settimana dell'anno il Lago si trova nella situazione di post-fioritura fitoplanctonica e quindi nella fase di proliferazione dello zooplanc-

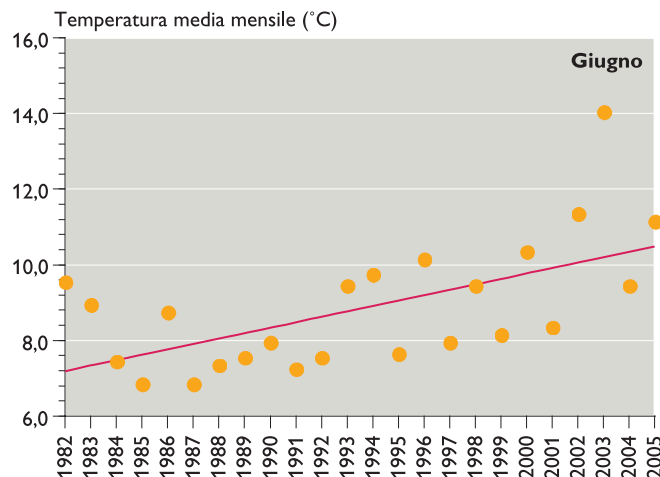
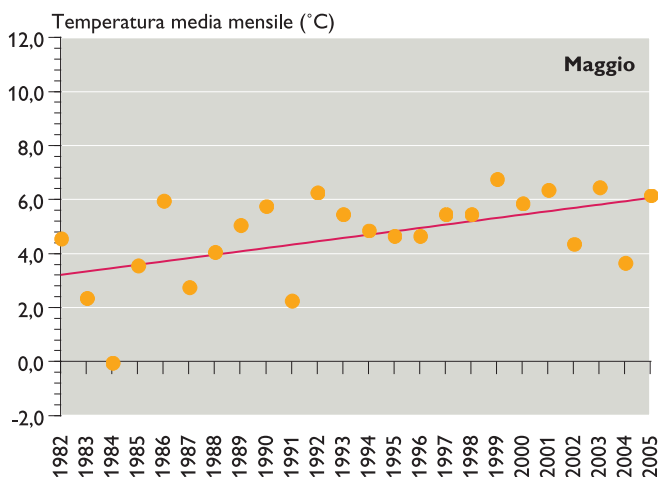
ton, riproducendo così una periodicità nella successione stagionale più simile a quella dei laghi delle zone temperate.

L'aumento negli ultimi anni della temperatura media mensile nel periodo primaverile riportate nella figura B anticipa così la successione delle popolazioni planctoniche, come sembrerebbe verificarsi nel Lago di Cadagno.

Inoltre, l'aumento della temperatura potrebbe permettere il prolungamento della fase di produzione primaria, possibile grazie all'assenza di neve, che si traduce in una maggiore ricchezza della catena alimentare.

Questi dati trovano un riscontro pratico nella presenza sempre minore di neve e di ghiaccio sulla superficie dei laghi considerati. Si tratta di una constatazione in quanto al momento dei prelievi rileviamo una presenza sempre meno importante di neve nel corso degli anni. Infatti, nella zona di Piora, lungo il percorso classico effettuato per campionare i laghi durante lo stage universitario risulta attualmente sempre più raro trovare innervata la superficie dei laghi campionati citati e

B Andamento negli anni (1982-2005) delle temperature atmosferiche medie nei mesi di maggio e giugno nella zona di Cadagno.



In rosso è indicata la linea di tendenza ("regressione lineare"). Dati gentilmente trasmessi da Fosco Spinedi Meteo Suisse, Locarno.

«Su habitat estremi variazioni climatiche anche minime possono avere conseguenze molto importanti su organismi estremofili.»

C

Conteggi di batteri totali (blu), solfobatteri fotosintetici purpurei (rosso) e solfobatteri fotosintetici verdi (verde) in prelievi di acqua del chemoclinio del Lago di Cadagno effettuati dal 1994 al 2003.

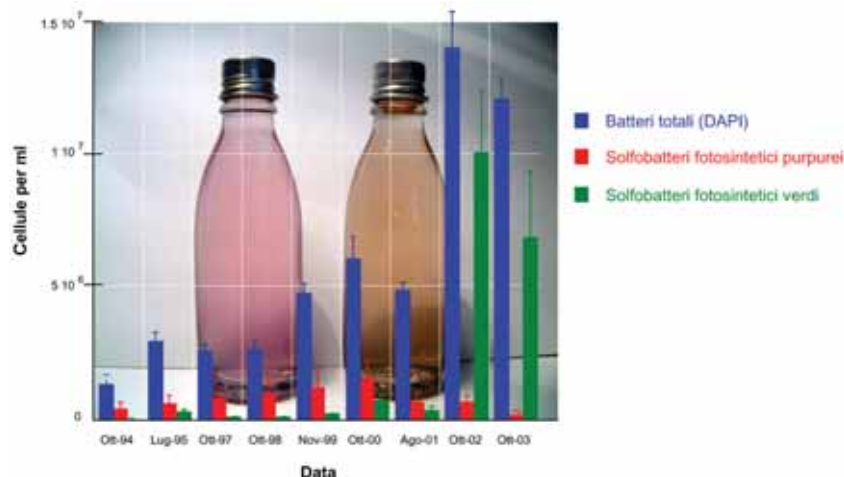
posti da un'altitudine superiore al Lago di Cadagno (1.923 m slm).

Cambiamenti climatici e ripercussione sulle popolazioni batteriche del Lago di Cadagno

I cambiamenti climatici hanno un'influenza diretta sui cicli idrici alpini. Bisogna inoltre notare che gli ultimi dieci anni sono stati i più caldi di questi ultimi mille anni ed hanno influito in modo misurabile su certi equilibri ecologici idrici (EAWAG (2003) News 55f; Ufficio federale dello sviluppo territoriale (1999) Naturgefahren und Alpenkonvention). Per quanto riguarda il Lago di Cadagno uno studio di sorveglianza continua delle popolazioni di batteri fototrofi anossici mediante un monitoraggio iniziato nel 1994 ha rivelato cambiamenti sostanziali dopo il 1999 con il passaggio da una dominanza di batteri fotosintetici purpurei (Famiglia: *Chromatiaceae*) a batteri fotosintetici verdi (Famiglia: *Chlorobiaceae*) (v. fig. C). I batteri verdi erano inizialmente rappresentati da una unica specie (*Chlorobium phaeobacteroides*) presente a basse concentrazioni, essa è stata in seguito sostituita dalla specie *Chlorobium clathratiforme* determinando il citato cambiamento di dominanza da batteri purpurei a batteri verdi nel chemoclinio.

Il numero di batteri purpurei è così sceso di circa dieci volte mentre *C. clathratiforme* rappresentava nel 2001 il 95% dei batteri fototrofi totali. L'invasione di *C. clathratiforme* ha causato nel chemoclinio un aumento di batteri totali al millilitro da 5 milioni nel 2001 a 15 milioni nel 2002 (Tonolla M, Peduzzi R., et al 2005) (v. fig. C).

Questo cambiamento rilevante nella struttura delle popolazioni di batteri fototrofi è stato accompagnato da mutamenti dell'intensità di luce e delle concentrazioni dei solfuri a livello del chemoclinio.



A partire dal 1999, si constata un cambiamento nella dominanza delle popolazioni solfobatteriche fotosintetiche da rosse a verdi.

Limnologia alpina e significato dei dati raccolti

Il riscaldamento della Terra non costituisce un fenomeno uniforme, ma presenta piuttosto una variabilità regionale ed interannuale; risulta quindi interessante valutare le indicazioni che possiamo trarre dalla documentazione raccolta in un microclima come quello della regione di Piora. Bisogna comunque rilevare che la produzione dei nostri dati effettuata soprattutto con scopi didattici, non era specificatamente legata alla messa in evidenza delle conseguenze biologiche legate al fenomeno dell'aumento di temperatura.

Nei laghi alpini la stagione produttiva è molto corta e le catene alimentari sono povere. Il metabolismo in alta quota è generalmente diverso da quello presentato nei laghi prealpini. Bisogna attendersi un cambiamento fisiologico importante, in quanto risulta ovvio che in un lago con la superficie libera da neve e da ghiaccio vi è una buona penetrazione della luce e di conseguenza una produzione primaria sostenuta (dovuta al fitoplancton).

Tuttavia bisogna pure considerare che più l'altitudine del lago è elevata, più il corpo d'acqua sarà sottoposto alle onde corte, la radiazione ultravioletta (280-320 nm), in particolare l'ultravioletto in un lago alpino può penetrare nell'acqua fino a 20 m. di profondità. Questo comporta, dopo una

situazione invernale con un lungo periodo di oscurità, una situazione estiva con un ambiente fortemente sottoposto all'irradiazione dei raggi solari.

Discussione

È cosa risaputa che da un ventennio la Svizzera tende ad un clima di tipo mediterraneo, le conseguenze sui laghi alpini e sui laghi di sbarramento in altitudine potrebbero e sembrano essere molto importanti. Anche se recentemente M. Crichton denuncia nel suo ultimo thriller, *Etat d'urgence* (p. 640), mescolando sapientemente finzione a dati scientifici scelti selettivamente, l' "invenzione" del riscaldamento climatico da parte degli scienziati, a livello alpino le ripercussioni sono piuttosto evidenti. Sfidando i climatologi, in questo provocatorio libro, Crichton afferma che il riscaldamento della Terra sarebbe in realtà "un mito" e che essi hanno sempre sovrastimato il riscaldamento con dei modelli di previsione incerti e poco affidabili. Trova troppo catastrofico lo scenario futuro che su queste basi viene schizzato e relativizza quindi le ripercussioni dell'aumento "di un mezzo grado in cento anni". Malgrado questi tentativi di mescolare le carte il dibattito sul riscaldamento è da tempo superato e l'influsso delle attività antropiche su di esso appare come

«È' cosa risaputa che da un ventennio la Svizzera tende ad un clima di tipo mediterraneo.»

D Laghetto di Taneda superiore diverse situazioni di innevamento riscontrate alla 3° settimana di luglio (29° settimana)



Veduta panoramica sui tre laghi: Lago Taneda Superiore (2.305 m. s/m), Lago Tom (2.021 m. s/m) e Lago Ritom (1.850 m. s/m). La foto 1 rispecchia la copertura di neve e ghiaccio normalmente riscontrata sul Lago di Taneda negli anni '80, a metà luglio: solo una esigua superficie sgombra di neve permetteva il prelievo del plancton.



Scene di lavoro durante il prelievo sul Lago di Taneda.



molto probabile. Oggi la vera domanda da porsi è come rallentare il fenomeno.

Senza la necessità di mettere in causa l'affidabilità dei modelli di previsione climatica, reputiamo che le nostre osservazioni empiriche facciano parte dell'evidenza e possano aiutare a percepire quali sono gli effetti dei cambiamenti climatici a livello di ecosistemi complessi quali i laghi alpini. Il fatto di trascorrere un periodo di tempo più lungo libero da neve per l'ecosistema costituisce un prolungamento del periodo di produzione primaria che, secondo stime ben documentate, dovrebbe logicamente tradursi in un arricchimento della catena alimentare. Infatti, nella regione di Piora le primavere sempre più calde con l'aumento medio della temperatura di

2°C (v.fig.B) sembrano già provocare un tempo prolungato di produzione primaria.

Inoltre, il ritiro dei ghiacciai e la riduzione di precipitazioni nevose continueranno quasi certamente con ripercussioni importanti sull'idrologia delle regioni situate a valle di essi. Ad esempio il Lago Giubin, corpo d'acqua effimero, si prosciuga in modo "anticipato" durante la stagione estiva.

In futuro, le osservazioni ed i campionamenti sui laghi della regione di Piora effettuati annualmente dal Centro Biologia Alpina costituiranno un'opportunità certa per monitorare e verificare quali effetti, dovuti ai cambiamenti climatici, si presenteranno in futuro sui laghi d'alta quota. ■

Bibliografia

Centro di Biologia Alpina, Piora. Cours d'Hydrobiologie microbienne. Stage: Ecologie alpine et microbienne". Università de Genève. Les Rapports de stage depuis 1982 à 2005.

Crichton M., "Etat d'urgence", Ed. Laffont, Paris 2005.

De Bernardi C., Giussani G., Mosello R., Peduzzi R., "La limnologie alpine d'altitude: histoire et état actuel". In : Troisième Conférence Internationale des Limnologues d'expression française. Ed. J.-P. Vernet, Morges, 30-38, 1991.

Eawag News "Hydrosystèmes alpins - une diversité fragile en détresse", 55f, 12-14, Mai 2003.

Kandel R., "Le réchauffement climatique". Presses Universitaires de France, Que sais-je No. 3650, Paris 2002.

Krajcik K., "Il y a quelqu'un là-haut?" in: "Le risque climatique", Les Dossiers de la Recherche, no. 17, 68-70, 2004.

Livingstone D.M., "La couverture de glace des lacs et rivières". Eawag News 58f, 19-22, juillet 2005.

Odum E. P., "Principi di Ecologia", Ed. Piccin, Padova, 1973.

Priceputo A.M., Greppin H., Degli Agosti R., "Enveloppes de viabilité territoriale et changement climatique en Suisse", Université de Genève, Cahiers géographiques No. 6 - 2005.

Psenner R., "Les lacs alpins: Des écosystèmes extrêmes menacés par les phénomènes globaux" in: "Hydrosystèmes alpins - une diversité fragile en détresse", EAWAG News, 55f, 12-14, Mai 2003.

Rebetez Martine, "La Suisse se réchauffe", Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2002.

Thompson R., Kamenik C., Schmidt R., "Ultra-sensitive Alpine lakes and climate change". Journal of Limnology, 64 (2): 139-152, 2005.

Tonolla M., Peduzzi R., Hahn D., "Long-Term Population Dynamics of Phototrophic Sulfur Bacteria in the Chemocline of Lake Cadagno, Switzerland". Appl Environ Microbiol. 71:3544-3550, 2005.

Ufficio federale dello sviluppo territoriale, "Pericoli naturali e Convenzione delle Alpi, Analisi degli eventi e raccomandazioni". Dipartimento federale dell'Ambiente, dei Trasporti, dell'Energia e delle Comunicazioni, Berna, 2003.