

Gli impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi lacustri: l'approccio paleolimnologico

Piero Guilizzoni, Aldo Marchetto, Andrea Lami, Marina Manca, Simona Musazzi, Stefano Gerli

CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Verbania Pallanza

Referente per la corrispondenza: p.guilizzoni@ise.cnr.it

Riassunto

Il tipo di risposta dell'ecosistema lacustre a variazioni climatiche e a processi innescati dall'attività dell'uomo (es. eutrofizzazione) è stato l'oggetto degli studi paleolimnologici condotti da questo gruppo di ricerca durante gli ultimi 25 anni. In particolare lo sforzo di ricerca è stato rivolto alla ricostruzione delle variazioni nelle comunità acquatiche a partire dall'analisi dei loro resti fossili, sia animali che vegetali, conservati nelle carote di sedimenti lacustre. Lo scopo principale è stato quello di comprendere come i sistemi naturali possano rispondere ai prevedibili cambiamenti futuri sulla base di studi sulle relazioni tra gli organismi ed il loro ambiente fisico e chimico durante il Tardo Pleistocene ed Olocene recente.

PAROLE CHIAVE: geochimica / pigmenti / paleoambiente / impatti climatici / serie storiche

Impacts of climate changes on lake ecosystems: the paleolimnological approach

This paper summarises the palaeolimnological activity at CNR Istituto per lo Studio degli ecosistemi with particular reference to the reconstruction of the palaeoenvironmental history of Lake Candia, a small shallow eutrophic lake in Northern Italy, during the last 2000 years. Sediment samples from a sediment core collected in autumn 1995 were analysed for a range of palaeolimnological indicators. The results show that throughout almost all of the period (ca. AD 100-1830; zone 1) the sediments have an organic carbon content of ca. 10% d.w. and low concentrations of algal pigments, suggesting a moderately productive environment. Sedimentary carotenoids unique to anaerobic photosynthetic bacteria indicate seasonal hypolimnetic anoxia during the whole 2000 year period. Clear effects of climate changes on lake productivity were inferred from the carotenoid, β -carotene, okenone and organic carbon results. Values were higher in the warm periods before AD 660 and during the so-called Little Optimum of the Medieval Warm Epoch (AD 1100-1300), and lower during cold moist periods such as the main phase of the Little Ice Age (AD 1550-1700). After AD 1830 (zone 2), the anthropogenic impact produced a sharp increase in the lake trophic state, leading first to a decoupling of the trophic state from natural (climate) variability, and then to "cultural" eutrophication. The onset of this latter process in the Torino area has been set around 1830 when a sharp increase of sedimentary sulphur concentration took place.

KEY WORDS: geochemistry / pigments / palaeoenvironment / climate impact / time series

IL PROBLEMA SCIENTIFICO

I sedimenti lacustri rappresentano, tra i depositi continentali, uno dei più completi e dettagliati archivi naturali, nei quali è documentata l'evoluzione temporale, sia delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche della conca lacustre, sia di quelle del clima della regione nella quale il lago si colloca.

La paleolimnologia affronta due importanti temi di ricerca, ognuno con obiettivi e scopi ben diversi. Uno riguarda la ricostruzione di eventi del passato accaduti a seguito sia di fenomeni naturali, quali i cambiamenti

climatici, sia di fenomeni causati dalle attività dell'uomo (es. eutrofizzazione). L'altro importante tema di ricerca da affrontare è quello che mira a descrivere e quantificare l'inizio, la portata e la velocità dell'impatto di fenomeni naturali e/o antropogenici sull'ambiente lacustre, sia in tempi recenti che in epoca remota.

Infine, un'altra finalità delle ricerche paleolimnologiche è rappresentata dalla necessità di produrre informazioni a carattere ecologico ai fini della Legge Quadro della Direttiva Europea sull'acqua. Essa prevede

che per gli ambienti da recuperare e da salvaguardare vi siano informazioni di dettaglio sulle condizioni pregresse dei corpi d'acqua, vale a dire prima della Rivoluzione Industriale del XIX Secolo o comunque prima del pesante impatto antropico del XX Secolo; anche il nostro Paese di conseguenza dovrà farsi carico di questa problematica.

ATTIVITÀ DI RICERCA

Dal 1990 molto studiati sono i laghi situati in aree remote per via della relativa semplicità di tali ecosistemi e per il fatto che essi sono ritenuti più sensibili ai piccoli cambiamenti ambientali e climatici.

Ricerche multidisciplinari sono in corso su laghi delle Alpi, dell'Europa, del Nepal Himalayano, delle aree artiche (Laponia e Svalbard), della Patagonia e in Siberia (Tunguska), per citarne alcune che vedono direttamente coinvolto il nostro istituto.

In generale, per tutti i laghi in corso di studio gli argomenti affrontati sulla base delle analisi stratigrafiche sono i seguenti:

- geochimica: distribuzione di sostanze organiche quali i pigmenti di origine vegetale, metalli, nutrienti algali (C, N, S, P);
- biologia: distribuzione di microfossili (resti di alghe, zooplancton e insetti chironomidi).

Nell'ambito dello studio sui livelli trofici di riferimento, negli ultimi anni è stato campionato un numero elevato di laghi italiani ed è su tali ambienti che si vuole porre l'attenzione per una loro ricostruzione temporale durante gli ultimi 150 anni circa.

Attualmente tutte le ricostruzioni paleoambientali quantitative utilizzano i modelli statistico-matematici (le cosiddette *transfer functions*) i quali, sfruttando l'analisi al microscopio di determinati resti fossili (es. diatomee), sono in grado di tradurre in un numero di cambiamenti di temperatura, pH, nutrienti, variazioni di livello, ecc.

Con questo approccio si vuole in ultima analisi investigare le modalità degli adattamenti degli ecosistemi lacustri alle accelerate variazioni ambientali tipiche di molti periodi dell'Era Quaternaria.

Inoltre, varie curve di temperature ricostruite a partire da dati strumentali registrati negli ultimi due secoli circa, o quelle ricavate da dati limnologici a lungo termine, vengono parimenti esaminate nel calibrare ed interpretare il dato sedimentario.

RISULTATI RILEVANTI

A titolo di esempio si riportano alcuni risultati ottenuti da uno studio paleolimnologico sul Lago di Candia (LAMI *et al.*, 2000).

Questo lago subalpino, situato a circa 20 km da Torino, è stato oggetto di indagine in quanto le sue

caratteristiche morfometriche e la sua localizzazione in un bacino imbrifero piccolo e relativamente poco modificato, permettono un accumulo indisturbato dei sedimenti, tale da rendere questo deposito lacustre idoneo per uno studio paleoambientale e paleoclimatico. Inoltre la vicinanza della stazione di rilevamento di dati meteorologici di Moncalieri (Torino), la cui serie storica completa di dati sulla temperatura risale al 1886, ha permesso un confronto con i profili temporali dei parametri chimici e biologici sedimentari. Lo scopo in questo caso è stato quello di ricostruire l'evoluzione trofica lacustre nel corso degli ultimi 2000 anni vista in rapporto alle principali modificazioni climatiche e antropogeniche.

L'analisi stratigrafica di numerosi parametri sedimentari, cinque dei quali sono qui riportati (Fig. 1), ha messo in evidenza due principali fasi dell'evoluzione lacustre. Una, molto lunga, che termina circa due secoli fa; l'altra, più recente, durante la quale si nota la crescita esponenziale dello zolfo a testimonianza di un inquinamento atmosferico coincidente con l'inizio delle principali attività industriali della regione.

I periodi relativi al caldo medioevale e alla piccola età glaciale, hanno determinato rispettivamente un aumento e una riduzione delle concentrazioni di due pigmenti: il β -carotene, rappresentativo della biomassa algale totale, un valido indicatore della produzione primaria, e l'okenone, carotenoide specifico di alcuni solfobatteri strettamente anaerobi e fotosintetici. Questi ultimi sono organismi che si sviluppano ad una certa profondità della colonna d'acqua, o in prossimità del fondo, in presenza di un minimo di illuminazione e in condizioni altamente riducenti (presenza di H_2S). Normalmente queste condizioni si presentano quando la produttività primaria è elevata e spesso dopo intense fioriture algali innescate da un aumento di temperatura e/o di nutrienti.

Un più diretto e immediato confronto tra i dati sedimentari del Lago di Candia e le variazioni di temperatura dell'aria, è stato possibile solo per gli ultimi 140 anni circa, quando cioè hanno avuto inizio le misure sistematiche di alcuni parametri meteorologici. La serie storica di Moncalieri, per esempio, si prestava molto bene per tale confronto così come la serie storica della Svizzera.

Da un'analisi statistica di dettaglio è emerso che la relazione più significativa ed interessante è quella che lega in modo inverso il fosforo sedimentario con la temperatura dell'aria (Fig. 2). Questa relazione perde di significatività solo nel periodo più recente, quando a partire dagli anni '60 il lago andò incontro ad un progressivo e spinto processo di eutrofizzazione innescato soprattutto dalle attività agricole nel bacino versante.

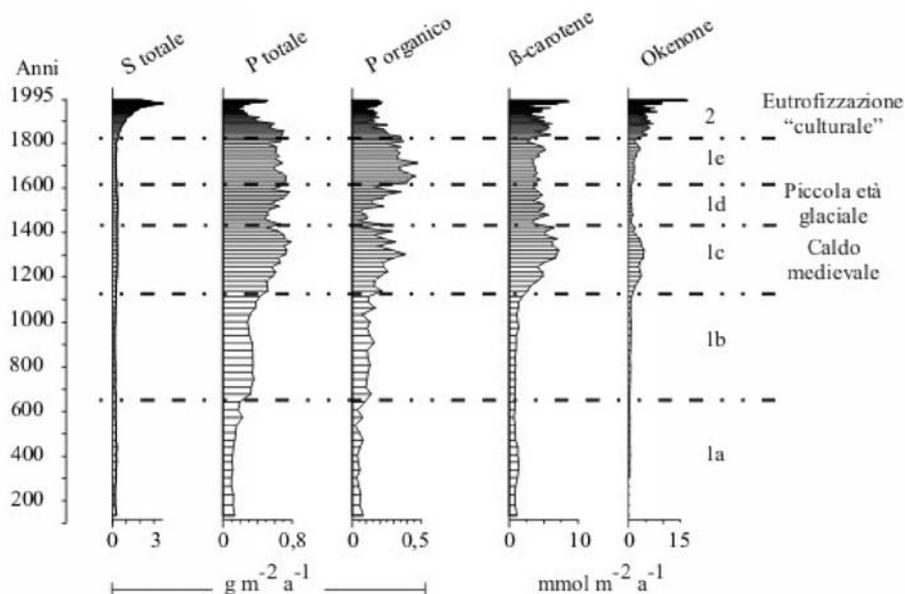


Fig. 1. Distribuzione, in una carota del Lago di Candia, dei flussi di zolfo, di fosforo totale ed organico e di due carotenoidi rappresentativi del popolamento algale (β -carotene) e batterico (okenone). Sono indicati anche i periodi caldi e freddi globali e quello recente in cui il lago è andato incontro ad un intenso processo di eutrofizzazione.

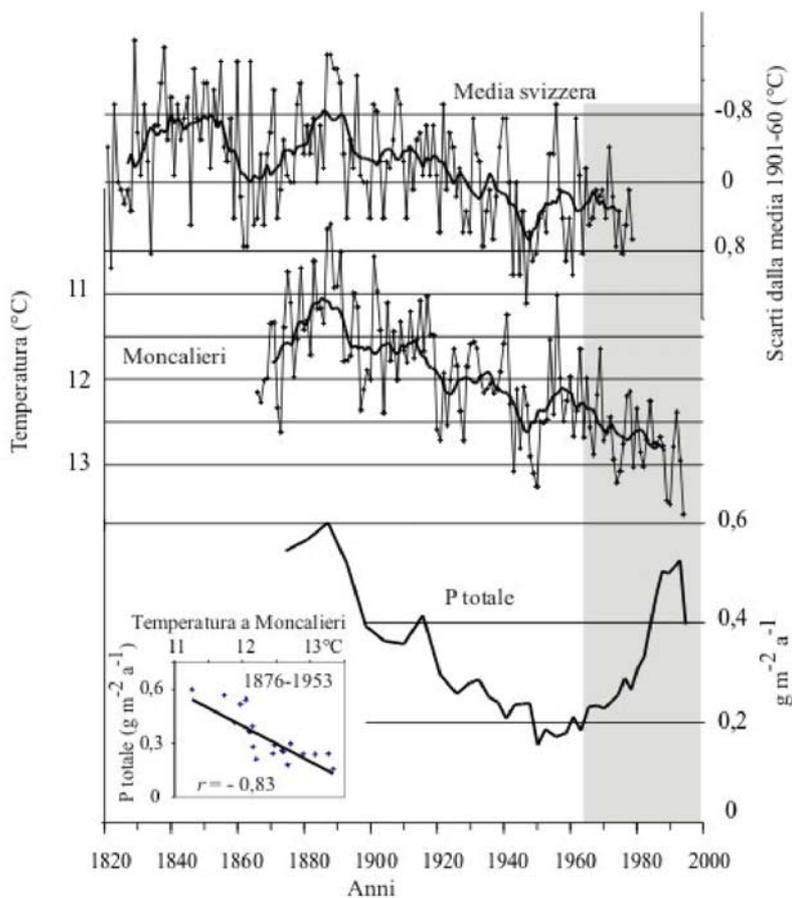


Fig. 2. Confronto tra le temperature medie annuali misurate a Moncalieri (Torino) e quelle registrate per la Svizzera (la linea intera in grassetto rappresenta la media mobile di ordine 11). In figura è riportata anche la regressione tra la temperatura a Moncalieri e gli accumuli annuali di fosforo sedimentario (v. testo). L'area grigia sta ad indicare il periodo in cui la correlazione tra P e T perde di significatività.

Il meccanismo sotteso a questa relazione è piuttosto semplice: ad un aumento di temperatura corrisponde un aumento di produttività e conseguente riduzione e successiva scomparsa dell'ossigeno disciolto. In queste condizioni si assiste ad un forte rilascio di fosforo dai sedimenti che viene reso disponibile per la componente vegetale la quale lo riutilizza immediatamente. Il risultato è duplice: una diminuzione della concentrazione di fosforo nei sedimenti e anche un diminuito accumulo (flusso) di esso per unità di superficie e di tempo.

In sintesi, quando all'effetto naturale (aumento della temperatura) si sovrappone anche un effetto antropogenico, riassumibile in un maggior apporto esterno di fosforo di origine domestica e agricola, come è avvenuto per il Lago di Candia, il processo sopra descritto si complica e la relazione tra fosforo e temperatura perde di significatività.

PROSPETTIVE FUTURE

I pochi dati appena presentati sono stati volutamente limitati soltanto ad un esempio, sebbene se ne potrebbero riportare molti altri (es. GUILIZZONI *et al.*, 2001).

Da almeno 25 anni infatti la paleolimnologia sta contribuendo in modo sostanziale a fornire utili "proxy-data" per la ricostruzione dei principali parametri climatici e ambientali.

Molti studi sono tuttora in corso e i risultati sono molto incoraggianti, soprattutto per quanto concerne

l'utilizzo di resti fossili biologici nelle cosiddette "transfer functions" con le quali si possono ricostruire con sufficiente precisione e in modo quantitativo alcune variabili ambientali.

Questi studi sono sempre più numerosi, dettagliati e specifici per aree geografiche e per organismo: dagli iniziali studi che utilizzavano soprattutto le diatomee, ora si è ampiamente diffusa l'analisi dei resti di insetti chironomidi in quanto si è visto che tali organismi sono molto più sensibili e più facilmente classificabili secondo il criterio dell'optimum ambientale; in altre parole, l'abbondanza di una determinata specie in un corpo d'acqua è strettamente legata a precise condizioni ambientali siano esse ad esempio le concentrazioni in nutrienti, i valori di pH o la temperatura dell'acqua.

Infine, negli anni più recenti l'attenzione è stata rivolta anche ad ambienti nei quali l'esistenza di lunghe serie temporali di dati limnologici e meteorologici garantisce la possibilità di verificare e calibrare il dato sedimentologico con quello relativo al corpo d'acqua.

Oltre al Lago di Candia un esempio al riguardo è costituito dal Lago Maggiore (MARCHETTO *et al.*, 2004; MANCA *et al.*, 2007).

Risulta quindi evidente come le due discipline, quella che si ispira allo studio dei sedimenti lacustri e quella che si sviluppa ormai da diversi anni e che si colloca nel settore dell'indagine delle lunghe serie storiche di dati limnologici, siano per molti aspetti complementari e vicarianti.

BIBLIOGRAFIA

- LAMI, A., MARCHETTO A., LO BIANCO R., APPLEBY P.G., GUILIZZONI P., 2000. The last ca. 2000 years palaeolimnology of Lake Candia (N. Italy): inorganic geochemistry, fossil pigments and temperature time-series analyses. *J. Limnol.*, **59**: 31-46.
- GUILIZZONI P., LAMI A., MARCHETTO A., APPLEBY P.G., ALVISI F., 2001. Fourteen years of palaeolimnological research of a past industrial polluted lake (L. Orta, Northern Italy): an overview. *J. Limnol.*, **60**: 249-262.
- MARCHETTO A., LAMI A., MUSAZZI S., MASSAFERRO J., LANGONE

- L., GUILIZZONI P., 2004. Lake Maggiore (N. Italy) trophic history: fossil diatoms, plant pigments, chironomids and comparison with long-term limnological data. *Quaternary International*, **113**: 97-110.
- MANCA M., TORRETTA B., COMOLI P., AMSINCK S.L., JEPPESEN E., 2007. Major changes in trophic dynamics in large, deep sub-alpine Lake Maggiore from 1940s to 2002: A high resolution comparative palaeo-neolimnological study. *Freshwater Biology* (in press).