

Commissione Internazionale
per la protezione delle acque italo-svizzere

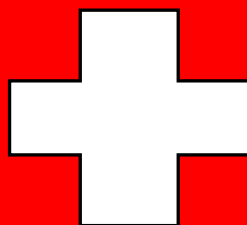
Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore

Aspetti limnologici

Programma quinquennale 2008 - 2012
Campagna 2008

a cura di Roberto Bertoni

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per lo Studio degli Ecosistemi
Sede di
Verbania Pallanza



7. CONCLUSIONI

Il 2008 è stato un anno piuttosto piovoso. Si sono avuti, mediamente all'interno del bacino del Lago Maggiore, 2105 mm di pioggia, valore superiore alle medie pluriennali dei periodi di riferimento, 1978-2007 e 1921-1977, rispettivamente 1644 mm e 1709 mm.

Si sono avute precipitazioni superiori rispetto alla media in quasi tutti i mesi dell'anno; fanno eccezione Febbraio, Marzo, Giugno ed Agosto. Le piogge di Ottobre sono molto vicine ai valori medi pluriennali 199 mm nel 2008, 197 mm nel periodo 1978-2007 e 183 mm nel periodo 1921-1977. I mesi più piovosi sono stati, Settembre e Maggio; da segnalare valori particolarmente elevati anche a Novembre (269 mm) ed a Luglio (204 mm), rispetto alle piogge registrate negli stessi mesi dei periodi di riferimento.

L'andamento dei deflussi nel 2008 è stato molto più variabile rispetto a quello degli afflussi per quanto riguarda le distribuzioni mensili ed anche per quanto riguarda i singoli corsi d'acqua. Il Ticino Immissario, il Cannobino, il San Bernardino, la Tresa ed il Ticino Emissario hanno fatto registrare valori di portata superiori rispetto a quelli dei periodi di riferimento. I valori massimi si sono registrati principalmente a Settembre, ed a Novembre, tranne che per la Margorabbia (a Maggio) e per la Tresa (a Luglio).

Mediamente l'andamento annuale dei deflussi è stato caratterizzato da tre picchi, anziché due. Questi in alcuni corsi d'acqua sono stati tutti particolarmente pronunciati, come nel Ticino Immissario e Ticino Emissario; in altri corsi d'acqua, come nel Toce, sono stati presenti due picchi pronunciati con un terzo meno elevato.

Nel 2008 ho avuto inizio una ricerca volta a stabilire il tempo reale medio di residenza dell'acqua entro il complesso bacino del Lago Maggiore. Si tratta di un obiettivo di fondamentale importanza per la limnologia teorica ed applicata. Infatti, soltanto attraverso una determinazione in termini reali di questo meccanismo, visto anche alla luce delle attuali conoscenze sui mutamenti climatici in atto, sarà possibile stimare le velocità dei processi di concentrazione, diluizione e di permanenza di sostanze entro il lago. Questa conoscenza consentirà di valutare le implicazioni sulla qualità dell'acqua, nonché di programmare un'efficace politica di salvaguardia dei valori ambientali dell'intero territorio.

In passato si è fatto per lo più ricorso al cosiddetto "tempo teorico di rinnovo" delle acque lacustri, definito dal rapporto fra il volume di un lago e la portata del suo emissario. Si tratta di un approccio semplicistico che assume che il lago come confrontabile ad un tratto fluviale, a sezione ampia, e con una morfologia molto regolare, entro il quale si sviluppi un trasporto liquido più o meno uniforme.

Una più realistica determinazione del tempo reale di ricambio deve invece passare attraverso la valutazione dell'idrodinamica del lago effettuata tenendo conto della sua complessità morfologica oltre che dell'idrologia del bacino imbrifero. Questo è possibile con l'uso di un modello numerico-matematico che fornisca una stima esatta del tempo di residenza delle acque del lago tenendo conto soprattutto della sua circolazione interna. Le applicazioni CFD (Computational Fluid Dynamics) eseguite nel corso dell'anno ed attualmente in atto procedono in questa direzione. Infatti, nel 2008 si è proceduto alla messa a punto della versione finale del reticolo di integrazione, della collocazione degli immissari e dell'immissario, della sistemazione delle condizioni al contorno, della scelta ottimale del passo temporale e delle informazioni da estrarre dall'enorme quantità di dati output. Le simulazioni oggetto della ricerca sul Lago Maggiore sono state eseguite suddividendo il corpo d'acqua in celle di calcolo con dimensioni orizzontali di 250x250

m e, lungo la verticale, in 50 strati, per un totale di 877500 celle di calcolo. Con le prime serie di simulazioni si è voluto inizialmente studiare la sensibilità o il comportamento dell'idrodinamica del Lago Maggiore a sollecitazioni di singoli parametri idro-meteorologici al fine di valutare la risposta o validità del modello in modo che si adeguasse alle conoscenze attuali della sua limnologia fisica.

A conclusione di questo studio e quando esso sarà corredato da una adeguato complesso di simulazioni sarà disponibile una realistica stima del tempo reale di ricambio del Lago Maggiore realmente utile anche per scopi gestionali.

Per quanto riguarda il popolamento zooplanctonico, il monitoraggio condotto sul Lago Maggiore nel corso del 2008 ha avuto lo scopo di dare una prima caratterizzazione del segnale isotopico rilevabile in diverse componenti dell'ambiente pelagico, e di individuare il possibile ruolo, per la rete trofica, di fonti non pelagiche di supporto alla produzione secondaria. Le analisi sono state effettuate su diverse componenti della rete trofica, dal materiale sestonico costituente la base alimentare dei consumatori primari, ai predatori zooplanctonici e fino alla fauna ittica.

I principali risultati di questo studio preliminare hanno mostrato che: 1) il segnale isotopico della linea di base pelagica del carbonio del Lago Maggiore è del tutto raffrontabile a quello misurato in laghi della stessa tipologia del Lago Maggiore; 2) nel corso dell'anno, la linea di base del carbonio pelagico passa da valori di $\delta^{13}\text{C}$ più alti a valori più bassi e le variazioni osservate sono correlate con la temperatura ambientale; 3) alcuni organismi zooplanctonici ricalcano fedelmente le variazioni stagionali nella linea di base pelagica; questo risultato sta ad indicare una dipendenza dalle stesse fonti alimentari utilizzate da *Daphnia*; 4) i diaptomidi adulti pelagici recano un segnale isotopico del carbonio molto diverso da quello tipico del pelago, ma caratteristico dell'ambiente litorale; quest'ultimo, rilevato su perifiton e anfipodi con una precisione molto buona, è pari a quello riportato per laghi a tipologia simile; i diaptomidi adulti del lago sono, di fatto, interpretabili come carrier per il rifornimento di fonti non pelagiche alla produzione secondaria del pelago; 5) nelle tre stazioni prese in esame il segnale isotopico di carbonio e azoto delle diverse componenti da noi analizzate non presenta differenze significative; 6) il segnale isotopico del carbonio dei pesci, in generale meno variabile di quello degli zooplanctonti, indica una loro dipendenza alimentare, oltreché da fonti pelagiche, anche da fonti litorali, in dipendenza dalla stagione.

Al fine di mantenere una continuità con l'attività di monitoraggio dello zooplancton, sono stati pure raccolti, come negli anni precedenti, campioni quantitativi con plankton sampler di Clarke-Bumpus, entro lo strato 0-50 m. I dati ottenuti hanno confermato in stazioni diverse quanto rilevato nel quinquennio precedente: l'apparente scomparsa di *Mixodiatomus laciniatus* dal pelago del lago. Questo fatto non è irrilevante se si pensa che in trent'anni di monitoraggio lo zooplancton del Maggiore è stato caratterizzato dalla medesima associazione di specie di Diaptomidi: *Mixodiatomus laciniatus*, a taglia maggiore, e *Eudiatomus padanus*, a taglia minore. I cambiamenti osservati offrono l'occasione per riflettere sull'importanza di mettere in relazione diversità specifica e diversità funzionale, in un'ottica orientata allo studio del funzionamento degli ecosistemi lacustri.

Per quanto riguarda il popolamento fitoplanctonico, i dati del 2008 da un lato hanno confermato la sostanziale stabilità delle caratteristiche generali della biocenosi algale, dall'altro la successione stagionale è stata, ancora una volta, condizionata dai parametri meteorologici. Infatti, nel periodo primaverile le condizioni di ventosità e temperatura hanno nuovamente favorito un forte sviluppo della diatomea *Tabellaria flocculosa*,

sebbene in misura inferiore rispetto al 2007. D'altra parte, nel periodo estivo, è stata molto limitata la presenza di *Anabaena lemmermannii*, responsabile, in passato, di estese fioriture. Poiché nel 2008 il livello estivo del lago non è sceso in modo significativo, sembra confermata l'ipotesi secondo cui un basso livello delle acque lacustri potrebbe favorire lo sviluppo di fioriture, attraverso la mobilitazione dei nutrienti mineralizzati nelle zone del litorale rimaste esposte.

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale del fitoplancton, è emersa un'evidente disomogeneità tra la parte settentrionale e quella meridionale del bacino, sia per quanto riguarda le proprietà termiche della colonna d'acqua (stazioni meridionali più calde e con stratificazione più pronunciata), che la distribuzione delle alghe, con le stazioni settentrionali del bacino sono caratterizzate dalla dominanza di diatomee/crisoficee, e quelle meridionali di criptofite/cianobatteri. Le stazioni della parte centrale mostrano una condizione intermedia e, quindi, la stazione di Ghiffa si presta bene a rappresentare le condizioni medie dell'intero bacino, almeno nel periodo in cui è stata effettuato lo studio. Inoltre, in alcune stazioni è evidente l'influsso di tributari importanti, sia come apporto di acque più fredde, che per quanto riguarda l'ingresso di sostanze umiche e, possibilmente, di nutrienti algali (nel caso del Fiume Tresa).

Nel 2008 nessuna variabile del comparto della sostanza organica ha mostrato una variazione di concentrazione tale da far pensare ad importanti modificazioni in atto. Date le concentrazioni relativamente modeste di TOC e POC reperite anche nei periodi più produttivi (mesi primaverili ed estivi), si tratta di un risultato confortante perché viene consolidata la valutazione di oligotrofia del Lago Maggiore. In effetti, la concentrazione di sostanza organica disciolta e particellata costituisce un valido proxy dello stato trofico di un lago perché un eventuale incremento della produttività lacustre non può che esitare in un incremento di sostanza organica.

Lo studio della distribuzione spaziale delle variabili legate al ciclo del carbonio organico ha confermato l'esistenza di una certa eterogeneità nella loro distribuzione, da considerare anche alla luce delle caratteristiche termiche del bacino del Lago Maggiore. In particolare: 1) la concentrazione di TOC è risultata piuttosto omogenea lungo l'asse del lago, pur mostrando variazioni locali di modesta entità; 2) le concentrazioni del seston, del POC e del PON hanno mostrato un evidente gradiente crescente da Nord a Sud supportando l'ipotesi di una maggior produttività della porzione meridionale del lago. È da sottolineare che le stazioni della parte centrale del lago, tra le quali è inclusa quella di Ghiffa storicamente assunta come rappresentativa dell'intero corpo d'acqua, nel periodo della ricerca hanno comunque mostrato caratteristiche prossime a quelle medie dell'intero lago.

I popolamenti batterici eterotrofi hanno presentato, nel 2008, un'abbondanza ed un'evoluzione stagionale simile a quella dell'anno precedente sia nell'epi- che nell'ipolimnio, con una densità media annua di 3.9 e 1.0 cell 10^6 ml⁻¹, rispettivamente. Il gradiente di abbondanza batterica tra le due zone permane durante tutto il periodo di studio con il raggiungimento, durante il periodo estivo, di densità batteriche epilimniche di 5 volte più alte che nell'ipolimnio. Questo fatto riveste un notevole interesse ecologico perché permette di valutare il ruolo quantitativo della biomassa batterica come sorgente di energia per i primi anelli della catena alimentare. In altre parole, fenomeni come modificazioni di temperatura o di substrato organico che producessero scostamenti significativi dai valori sopra menzionati, determinerebbero nel medio termine modificazioni dei successivi anelli della catena alimentare.

Per quanto riguarda l'eterogeneità orizzontale del popolamento batterico, si possono individuare nel Lago Maggiore una zona più settentrionale a minor contenuto di substrato organico e con un più modesto popolamento batterico. Questa va gradatamente sfumando in una zona meridionale ove i parametri caratterizzanti la catena alimentare microbica assumono valori più elevati. Allo stato attuale questo gradiente non va visto tanto come un succedersi di stati trofici diversi quanto piuttosto come un gradiente di vulnerabilità dell'ecosistema. È quindi importante continuare questo monitoraggio per essere in grado di identificare precocemente eventuali involuzioni del sistema.

A riguardo dei parametri idrochimici c'è da dire che i dati relativi alle acque lacustri non hanno mostrato nel 2008 particolarità o variazioni significative rispetto a quanto emerso negli anni precedenti, in particolare nell'ultimo triennio. L'ossigeno in superficie è rimasto al di sotto del 105 % come percentuale di saturazione nei mesi estivi, non raggiungendo quindi i picchi di anni particolarmente caldi quale il 2003. Alcalinità e conducibilità hanno mostrato l'andamento tipico che caratterizza le acque lacustri e che consiste in un picco nei mesi primaverili, seguito da un calo nel periodo estivo, a seguito del fenomeno della precipitazione del carbonato di calcio. I dati del 2008 hanno confermato una tendenza all'aumento dei valori di alcalinità e conducibilità, evidente soprattutto a partire dal 2003. Un altro trend all'aumento è quello che caratterizza il contenuto di azoto nitrico delle acque lacustri, passati da 0,80-0,82 alla fine degli anni '90 a 0,86-0,88 negli ultimi anni. Questa tendenza può essere spiegata dall'aumento degli apporti di nitrati a lago dalle acque dei tributari, a sua volta dovuto ai carichi atmosferici di azoto che risultano particolarmente elevati nel bacino imbrifero del Lago Maggiore. Le concentrazioni medie annue di fosforo reattivo e totale sull'intera colonna d'acqua sono state pari a 7 e 10 $\mu\text{g P l}^{-1}$ rispettivamente. Rispetto ai valori dell'ultimo decennio, quelli del 2008 confermano un'ulteriore tendenza alla diminuzione osservata a partire dal 2006, da quando il fosforo totale non ha più superato gli 11 $\mu\text{g P l}^{-1}$ in nessun mese dell'anno.

Il giudizio positivo sulla qualità delle acque lacustri nella zona pelagica del lago non può essere steso a tutto l'areale litorale. Infatti alcuni tributari convogliano a lago acque con elevato carico di nutrienti a causa di scarichi non sufficientemente depurati, e questo determina uno scadimento qualitativo delle zone rivierasche interessate.

I 14 tributari oggetto di indagini chimiche hanno confermato nel 2008 il giudizio già espresso negli anni precedenti: sia considerando le concentrazioni che i carichi, si può definire buono il livello qualitativo delle acque tributarie in territorio ticinese, medio-buono quello dell'areale piemontese, ed infine scadente per quanto riguarda la zona lombarda. La situazione peggiore è quella che caratterizza i torrenti Boesio e Bardello, in territorio lombardo, che presentano livelli elevati di fosforo totale, azoto ammoniacale ed organico. Questi due corsi d'acqua, come la maggior parte di quelli campionati, hanno visto nel 2008 un aumento dei carichi di nutrienti convogliati a lago rispetto agli anni immediatamente precedenti. Questo è dovuto alle abbondanti precipitazioni che hanno caratterizzato il 2008 (2105 mm come afflussi totali sul bacino del Lago Maggiore, rispetto a 1000-1500 mm nel periodo 2003-2007), e di conseguenza alle maggiori portate dei corsi d'acqua, soprattutto nei mesi autunnali. Questo dato conferma come l'idrologia e le sue variazioni giochino un ruolo fondamentale nella variabilità interannuale degli apporti a lago.

Nell'anno 2008 è iniziato uno studio multidisciplinare sul Fiume Tresa. In una prima fase si sono raccolte informazioni utili per capire la storia e gli utilizzi delle acque del

Tresa, prendendo pure contatto con persone ed Enti coinvolti nella gestione del fiume.

Si è pure verificata l'applicabilità del metodo CARAVAGGIO (Core Assessment of River hAbitat VAlue and hydro-morpholoGical cOndition) per l'analisi degli impatti idromorfologici e la qualità ambientale. Si è stabilito di applicare, previa verifica in campo, il CARAVAGGIO lungo tutto il Fiume Tresa, dalla sua uscita dal Lago di Lugano alla sua immissione nel Lago Maggiore; sono state calcolate 26 possibili applicazioni del metodo su un totale di 13 km. Le condizioni meteorologiche del 2008 non hanno però permesso di iniziare le applicazioni del metodo prima del 10 di Novembre. La zona indagata nel 2008 è stata quella di valle, dallo sbocco nel Lago Maggiore fino ad 1 km verso monte. L'elaborazione dei primi dati ci ha permesso di valutare tale zona e di identificarla come fortemente alterata, almeno da un punto di vista morfologico, e caratterizzata da una bassa qualità, almeno rispetto ad altri corsi d'acqua precedentemente indagati. Si sono pure raccolti campioni di sedimento per effettuarne l'analisi granulometrica alla foce del Fiume Tresa. È stata effettuata l'analisi sulla composizione granulometrica del sedimento, parametro essenziale per l'inquadramento dell'area di studio e fondamentale per l'insediamento e la tipizzazione della fauna bentonica di un lago.

In conclusione, i dati meteorologici mostrano come il 2008 sia stato un anno abbastanza piovoso, climaticamente meno anomalo degli anni precedenti. Non si sono avuti, infatti, gli episodi di siccità che in anni passati potrebbero aver favorito lo sviluppo di fioriture attraverso la mobilitazione dei nutrienti mineralizzati nelle zone del litorale rimaste esposte.

Questo conferma l'ipotesi che, in questa fase dell'evoluzione del Lago Maggiore, non siano più i fattori eutrofizzanti quelli che maggiormente controllano le dinamiche del fitoplancton e del carbonio organico. Del resto i dati relativi ai nutrienti algali sostengono chiaramente questa affermazione. Piuttosto, sono diventati predominanti i fattori fisici, in particolare quelli influenzati alla variabilità delle condizioni meteorologiche.

In questo quadro i mutamenti climatici globali e le loro ripercussioni sul clima locale, potrebbero giocare un ruolo chiave nel condizionare lo svolgimento delle successioni fitoplanctoniche e, più in generale, della catena alimentare microbica negli anni a venire.

Da ultimo c'è da ricordare che nel 2008 si sono iniziate ricerche su temi di grande rilievo per l'ecologia del lago, quali tempo di residenza delle acque, ruolo degli apporti alloctoni nella dinamica dello zooplancton, eterogeneità orizzontale di particellato ed organismi microscopici, studio di bacini pilota. Questi, pur necessitando dei tempi lunghi tipici delle ricerche ambientali per poter generare risultati robusti e di utilità sul piano gestionale, hanno già cominciato a fornire risultati promettenti e tali da suggerire di proseguire nello sviluppo delle ricerche.