

7. CONCLUSIONI

Il 2010 è stato caratterizzato da una piovosità prossima ai valori medi di riferimento. Si sono infatti registrati, all'interno del bacino del Lago Maggiore, mediamente 1753 mm, valore molto prossimo al valore medio dei periodi 1978-2009 e 1921-1977.

Si sono avute precipitazioni di molto superiori alla media nel mese di maggio e in misura minore nel mese di novembre. A marzo, giugno, agosto e dicembre si sono registrate precipitazioni di poco superiori alla media pluriennale dei periodi di riferimento. I mesi meno piovosi sono stati gennaio, aprile, luglio e settembre. Complessivamente, all'interno del bacino del Lago Maggiore in 25 stazioni si sono registrate piogge superiori ai 2000 mm, in 21 si sono registrate piogge inferiori ai 1500 mm e in 41, cioè nelle restanti stazioni, si sono registrate piogge variabili tra i 1500 mm e i 2000 mm.

Per quanto riguarda l'andamento delle portate dei principali affluenti del Lago Maggiore, confrontando il contributo totale dei principali immissari per il 2010 con quello per il periodo 1978-2009, si nota che i contributi a lago durante il 2010 sono risultati superiori rispetto a quelli del periodo di riferimento tra aprile e giugno e tra novembre e dicembre. Sono stati leggermente inferiori tra gennaio e aprile e particolarmente minori tra luglio e ottobre, con l'eccezione di agosto, quando complessivamente le portate entranti a lago sono risultate molto prossime a quelle pluriennali del periodo di riferimento.

Anche nell'inverno 2009-2010 le condizioni meteorologiche instauratesi sull'areale del Lago Maggiore non sono state tali da determinare una omogeneizzazione completa delle sue acque, che ha raggiunto invece la profondità di 100 m. Questa situazione idrologica è confermata anche dai valori di stabilità presenti lungo la colonna. Non si è verificata, a differenza dello scorso anno, una ossigenazione nella parte più profonda del lago in quanto sono venuti a mancare gli infossamenti di acque fredde dal bacino versante e i scivolamenti di acque litorali raffreddate differenzialmente rispetto a quelle pelagiche.

Si è proseguita la valutazione del tempo reale di rinnovo delle acque del Lago Maggiore ed i risultati ottenuti attraverso i 242 markers langrangiani possono essere così sintetizzati:

1. la massa d'acqua che occupa gli strati compresi nei primi 100 m di profondità ha tempi di residenza compresi tra un minimo di 1 anno ed un massimo di 4-5 anni;
2. le acque degli affluenti hanno tempi di residenza tra i 250 e 1000 giorni, in considerazione dalla loro distanza dalla sezione di chiusura del lago;
3. le acque lacustri che occupano livelli inferiori a 100 m hanno tempi di residenza ancora non esattamente quantificabili ma certamente valutabili in un numero di anni a 2 cifre.

I dati relativi al popolamento zooplanctonico nel corso del 2010 consentono di mettere in luce un ridimensionamento dell'abbondanza numerica dei rotiferi ed un incremento in quella della componente a dimensioni maggiori. Si è osservato inoltre, all'interno del popolamento a copepodi, mantenutosi abbastanza costante rispetto agli anni precedenti, un ulteriore ridimensionamento numerico della presenza media annuale dei ciclopidi.

Il complesso dei dati relativi alle analisi delle variazioni stagionali nel segnale isotopico di carbonio e azoto nei diversi taxa hanno inoltre consentito di confermare

alcuni elementi già emersi nell'anno 2009. In particolare, i dati del 2010, completando il quadro finora emerso, hanno consentito di identificare, attraverso i risultati di analisi condotte su organismi litorali lungo l'asse longitudinale del lago, e mettere in luce come la tendenza verso valori del $\delta^{13}\text{C}$ meno negativi non sia prerogativa esclusiva del pelago. I valori ottenuti rappresentano un riferimento importante che può servire a spiegare l'eventuale contributo di fonti non pelagiche di supporto alla produzione secondaria del pelago. I risultati emersi durante il 2010 consentono di ribadire come l'approccio di tipo funzionale, alla base delle analisi di isotopi stabili di carbonio e azoto, sia di fondamentale importanza per la definizione di quella *operational diversity* sulla quale si fonda una gestione sostenibile dell'ambiente, finalizzata al mantenimento e, ove necessario, alla riabilitazione delle strutture ecologiche.

Per quanto riguarda il popolamento fitoplanctonico, confrontando le medie mensili del 2010 della concentrazione della clorofilla *a*, descrittore sintetico dell'evoluzione stagionale del fitoplancton, con quelle del periodo 2003-2009, emerge un'evoluzione stagionale simile del parametro, con due picchi localizzati, rispettivamente, all'inizio della primavera ed in estate. Nel 2010 il picco estivo è risultato particolarmente elevato, per la ripresa consistente del popolamento a diatomee. Peraltro, lo sviluppo primaverile è risultato comparabile alla media degli anni precedenti il 2009, quando, a causa di temperature atmosferiche più basse, si era avuta un'inibizione della crescita algale. La media annua del 2010, pari a $2,89 \text{ mg m}^{-3}$, si può considerare in linea con quelle degli ultimi anni. La dinamica dei popolamenti algali è risultata sostanzialmente simile a quella solitamente osservata nel Lago Maggiore, almeno a livello di grandi gruppi tassonomici. Diatomee e cianobatteri hanno rappresentato, come di consueto, i gruppi dominanti. Al ridotto sviluppo primaverile delle diatomee nel 2009, si contrappone il dato osservato nel 2010, con un picco che ha superato di poco i $4 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ tra Aprile e Maggio, che riporta questo gruppo sui valori osservati nel 2007 e nel 2008. Nel 2010 si è mantenuta elevata la biodiversità, con 103 unità tassonomiche rinvenute in totale ed un numero medio di 50 unità per campione. L'analisi della distribuzione orizzontale ha evidenziato, ancora una volta, disomogeneità nella distribuzione spaziale del fitoplancton lungo l'asse principale del Lago Maggiore. Molto evidente anche il gradiente termico nord-sud, già messo in evidenza in anni passati. Purtroppo, la sonda IDRONAUT, usata nel 2010 in sostituzione della sonda Fluroprobe, guastatasi durante la campagna di misure, non ha permesso, a causa di una minore sensibilità del sensore fluorimetrico, di mettere in evidenza chiare differenze tra stazioni legate all'effetto locale dei tributari.

A proposito del comparto della sostanza organica c'è da osservare che nessuna variabile ha mostrato una variazione di concentrazione tale da far pensare ad importanti modificazioni in atto. Tuttavia le concentrazioni di seston e POC sono risultate, soprattutto nello strato 0-20 m, lievemente superiori rispetto al 2009 mentre il TOC è diminuito a valori prossimi a quelli del 2007. Le concentrazioni relativamente modeste di TOC e di POC reperite anche nei periodi più produttivi (mesi primaverili ed estivi) consolidano la valutazione di oligotrofia del Lago Maggiore, visto che 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 mostrato, nel 2010, una eterogeneità della loro distribuzione più pronunciata rispetto al precedente anno e, pur mantenendosi il gradiente di

concentrazione crescente da nord a sud che supporta l'ipotesi di una maggior produttività della porzione meridionale del Lago Maggiore, si sono avute concentrazioni relativamente elevate di seston e di sostanza organica anche nella porzione centrosettentrionale del lago.

Analizzando la componente microbica della catena alimentare, è emerso che i popolamenti batterici eterotrofi presenti dello strato 0-20m hanno presentato nel 2010 una evoluzione stagionale dell'abbondanza con minimi inferiori e massimi superiori a quelli raggiunti nel triennio precedente. Considerando gli ultimi 4 anni si nota un trend di diminuzione delle abbondanze batteriche nello strato 20-370m corrispondente alla zona afotica dell'ipolimnio, mentre nello strato 0-20m tale trend non è visibile. Complessivamente, l'abbondanza batterica media nell'intera colonna d'acqua è stata per la maggior parte dell'anno inferiore rispetto al periodo di confronto. E' verosimile che questo cambiamento quantitativo sia affiancato da una modificazione della struttura tassonomica del batterioplancton e/o del suo ruolo metabolico nella catena alimentare.

Per quanto riguarda la distribuzione orizzontale del batterioplancton, si possono individuare nel Lago Maggiore una zona più settentrionale 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 così come la diminuzione di abbondanza del popolamento batterico non vanno visti tanto come un succedersi di stati trofici diversi quanto piuttosto come una condizione di vulnerabilità dell'ecosistema ove si evidenziano modificazioni delle quali si ignorano le cause. È quindi importante continuare questo monitoraggio, implementandolo con una valutazione dell'evoluzione del popolamento batterico anche dal punto di vista tassonomico, per essere in grado di identificare precocemente eventuali involuzioni del sistema.

Esaminando la situazione del chimismo del lago, nel 2010 le concentrazioni medie annue di fosforo reattivo e totale (valori medi sull'intera colonna d'acqua) sono state di 7 e 10 $\mu\text{g P l}^{-1}$ rispettivamente, pressoché identiche a quelle del 2009. Negli anni più recenti (2006-2010) i massimi di fosforo totale non hanno mai superato gli 11 $\mu\text{g P l}^{-1}$, evidenziando un'ulteriore riduzione dei livelli di fosforo, e quindi un miglioramento qualitativo delle acque, rispetto al quinquennio precedente (2001-2005). Gli andamenti stagionali delle altre variabili chimiche nel 2010 non hanno presentato particolarità rispetto agli anni precedenti. Il confronto tra la stazione di centro lago e quella di Lesa, nella parte meridionale, così come i dati raccolti in luglio su 27 stazioni, litorali e pelagiche, collocate su tutto l'areale lacustre, non hanno evidenziato differenze marcate in termini di chimismo delle acque. Le lievi differenze spaziali riscontrate per alcuni nutrienti, silice in particolar modo, sono imputabili a fioriture algali localizzate o all'effetto delle immissioni a lago da alcuni tributari. Un utile approccio per valutare e confrontare lo stato qualitativo dei diversi tributari è quello di calcolarne gli apporti annui di azoto e fosforo a lago in funzione però dell'areale drenato (carichi medi areali). I carichi areali di fosforo nel 2010, a confronto con i valori medi del triennio precedente (2007-09), mostrano un miglioramento sostanziale per i Torrenti Bardello e Boesio, con diminuzione dell'ordine del 40-45%. Gli apporti sono diminuiti anche nel caso dei tributari piemontesi Vevera e Strona, mentre sono rimasti sostanzialmente stabili per gli altri immissari. I dati del 2010 confermano comunque la differenza in termini qualitativi tra le acque tributarie degli areali ticinese, piemontese e lombardo, queste ultime

caratterizzate dai contributi areali più elevati sia di fosforo che di azoto ammoniacale ed organico.

In sintesi, i dati meteorologici mostrano come il 2010 sia stato un anno climaticamente "nella media". I dati relativi agli apporti chimici dal bacino hanno mostrato un miglioramento sostanziale dei tributari che in passato avevano destato preoccupazione. I popolamenti planctonici autotrofi ed eterotrofi che il Lago Maggiore ospita hanno mantenuto la struttura qualitativa che si è andata costituendo negli ultimi anni pur con qualche variazione quantitativa per la quale, tuttavia, non è per ora possibile proporre alcuna ipotesi causale. Da segnalare una fioritura del cianobattere *Anabaena lemmermanni* che ha interessato tra fine agosto ed inizio settembre la parte centro-meridionale del lago. Il ripetersi di questo fenomeno che, dal 2005, interessa con diversa intensità il Lago Maggiore nel periodo estivo, è motivo di preoccupazione per la potenziale tossicità di cianobatteri e per il negativo impatto delle fioriture sulla fruibilità turistica delle acque lacustri. E' comunque attiva una ricerca nell'ambito del progetto Interreg STRADA volta a valutare il possibile nesso causale tra variazioni di livello e sviluppo eccessivo di cianobatteri.

Nonostante questi episodi di fioriture cianobatteriche, il Lago Maggiore si è comunque mantenuto nel 2010 nella condizione prossima all'oligotrofia che ne ha caratterizzato l'evoluzione recente. Questa situazione è frutto dell'equilibrio instauratosi tra situazione meteorologica, pressione antropica e stato dell'ecosistema lago. E' evidente che se uno stressor climatico (ad esempio episodi di siccità) o antropogenico (ad esempio introduzione di una sostanza o di un organismo capace di alterare la rete trofica) dovesse perturbare il delicato equilibrio instauratosi, si andrebbe incontro, com'è successo in passato, ad una variazione dell'attuale tendenza evolutiva del lago. Per la diagnosi precoce degli effetti di un tale stressor, spesso non conclamati almeno nelle fasi iniziali, e per il loro controllo è indispensabile poter disporre della serie storica dettagliata ed esauriente di dati limnologici che il monitoraggio di base minimo non può offrire ma che l'attività di ricerca limnologica sostenuta dalla CIP AIS senz'altro garantisce.

L'importanza, a fini gestionali, di disporre di una serie storica dettagliata ed esauriente di dati limnologici è evidenziata dall'interesse che l'Unione Europea manifesta per l'attività di ricerca ecologica a lungo termine, interesse che si concreta da un lato nel riconoscimento delle reti di ricerca a lungo termine (LTER) nazionali e, dall'altro, nel finanziamento di programmi, come il Life + EnvEurope, per la gestione e la strutturazione integrata dei database di dati di lungo termine. Il Lago Maggiore è presente nella rete LTER Italia (www.lteritalia.it) e LTER Europe (www.lter-europe.net) nonché nel programma Life + EnvEurope (www.enveurope.eu) grazie alla serie storica dettagliata ed esauriente di dati limnologici ad esso relativi.