

6. CONCLUSIONI

Nel 2011 si sono registrati, mediamente all'interno del bacino del Lago Maggiore, circa 1300 mm di pioggia, che rappresentano il 77% del totale annuo. La distribuzione stagionale è stata peculiare: si sono, infatti, avute precipitazioni superiori rispetto alle medie pluriennali in giugno, luglio e novembre, nella media in marzo, e valori inferiori alla media nei restanti mesi dell'anno. In particolare ad aprile è caduto solo il 17% della pioggia che mediamente è registrato in questo mese e questa peculiarità meteorologica è stata anche segnalata dal Notiziario statistico N. 2011.11 di MeteoSvizzera. L'andamento delle portate nel 2011 è stato determinato dalla bassa piovosità dell'anno e, principalmente, durante il periodo tardo invernale-primaverile. La maggior parte delle portate annuali registrate è stata inferiore alla media del periodo di riferimento. Portate superiori alla media sono state registrate a luglio e a novembre. I valori minimi annuali si sono registrati a febbraio, ottobre e dicembre.

Anche nell'inverno 2010-2011 le condizioni meteorologiche instauratesi sull'areale del Lago Maggiore non sono state tali da determinare un'omogeneizzazione completa delle sue acque. Il mescolamento parziale è ormai divenuto la regola per il bacino lacustre, tanto che nel 2011 la profondità di mescolamento non ha superato la profondità di 70 m, limite confermato anche dai valori di stabilità presenti lungo la colonna. Inoltre non si è verificata l'immissione di acque ossigenate nella parte più profonda del lago per l'assenza d'immissione di acque fredde dal bacino e di sprofondamenti di acque litorali più fredde di quelle pelagiche. La struttura turbolenta degli strati più superficiali del lago è variata notevolmente durante l'anno, presentando uno spessore massimo di 48 m in febbraio e minimo di 12 m in luglio, in corrispondenza, rispettivamente, del momento di maggiore mescolamento verticale e del più alto valore di stabilità termica. Questo indica che la zona di mescolamento turbolento è sempre troppo piccola perché garantisca, anche in aggiunta al trasporto convettivo, una diluizione sostenibile di eventuali inquinanti. In altre parole, il Lago Maggiore avendo una modesta capacità di diluizione meccanica (convettiva-dispersiva) degli inquinanti è un ecosistema molto vulnerabile. Della scarsa turbolenza totale del lago Maggiore si dovrà tenere conto nella determinazione del tempo reale di ricambio delle sue acque.

I dati riguardanti il popolamento zooplanctonico del 2011 consentono di confermare la tendenza al raggiungimento, nel complesso, di valori di presenza media annuale paragonabili a quelli rinvenuti nel periodo di riferimento (2003-2008). In particolare, la media del 2011 (53198 ind m⁻³) è stata paragonabile a quella del 2009, superiore a quella calcolata per l'anno 2010. I dati riguardanti le 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 2010. In particolare, i dati del 2011, sono serviti a meglio definire le variazioni stagionali nella distribuzione verticale dei diversi taxa componenti lo zooplancton di rete del Lago Maggiore. Tali modificazioni servono a spiegare come organismi apparentemente capaci di occupare la medesima posizione trofica possano coesistere anche grazie alla capacità di svilupparsi a profondità diverse nel pelago lacustre.

I risultati emersi durante il 2011 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 quell'*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 annuali della concentrazione della clorofilla *a*, descrittore sintetico dell'evoluzione stagionale del fitoplancton, lungo la serie storica dal 1980, emerge nel 2011 un significativo aumento, che riporta il valore del parametro su livelli simili a quelli che si misuravano alla fine degli anni '90, prima che fossero evidenti gli effetti della riduzione dei nutrienti. Tale incremento è stato provocato da un'eccezionale e duratura fioritura delle cloroficee *Mougeotia*, che ha interessato le acque del Lago Maggiore tra Giugno ed Agosto. Per quanto riguarda gli altri gruppi algali, diatomee e cianobatteri sono stati, come di consueto, i dominanti. Le diatomee hanno raggiunto, all'inizio della successione, un massimo di circa $5 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$, che, insieme ai due picchi estivi delle cloroficee ($8 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$ in Giugno e $5 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$ in Agosto) hanno determinato un incremento del biovolume medio annuo ($1,9 \text{ cm}^{-3} \text{ m}^{-3}$). L'analisi della distribuzione orizzontale ha evidenziato, ancora una volta, disomogeneità nella distribuzione spaziale del fitoplancton lungo l'asse principale del Lago Maggiore, accentuata, in questo caso, dalle forti differenze di distribuzione della fioritura. Molto evidente il gradiente termico nord-sud, già fatto notare in anni passati, che potrebbe avere influito sullo sviluppo fitoplanctonico. In sintesi, sembrerebbe che le differenze areali nello sviluppo del fitoplancton, normalmente registrate anche negli anni passati, siano state, in relazione alla fioritura, enormemente amplificate dall'esistenza di disomogeneità ambientali lungo l'asse del lago, legate sia alle caratteristiche termiche della colonna d'acqua che alla variabilità degli apporti di nutrienti dal bacino imbrifero. E' opportuno considerare che situazioni come questa, per quanto eccezionali, possono determinare un significativo peggioramento dello stato di qualità ecologica del Lago Maggiore, così come viene valutato attraverso gli indicatori previsti dalla normativa vigente. I dati ottenuti nel 2011 sembrano confermare che interventi volti a ridurre i carichi significativi di nutrienti, che tuttora sono portati a lago da alcuni tributari, sarebbero una misura molto valida per tenere sotto controllo le fioriture algali.

La distribuzione spaziale delle variabili legate al ciclo del carbonio organico ha mostrato, nel 2011, un'eterogeneità più pronunciata rispetto al 2010 e dipendente dagli apporti alloctoni per il seston, largamente influenzato dalla componente detritica inorganica. Per il carbonio organico totale (TOC), in gran parte costituito dalla frazione disciolta, non si è evidenziato come in passato nessun gradiente di concentrazione lungo l'asse principale del lago. Il batterioplancton, negli anni precedenti più abbondante nella più meridionale del lago, nel 2011 ha presentato un'eterogeneità spaziale evidentemente influenzata dagli apporti alloctoni.

Nel 2011 le concentrazioni medie annue di fosforo reattivo e totale (valori medi sull'intera colonna d'acqua) sono state di 8 e $10 \mu\text{g P l}^{-1}$ rispettivamente. I corrispondenti valori nelle acque superficiali (epilimnio) e profonde (ipolimnio) sono stati di 3 e $7 \mu\text{g P l}^{-1}$ e 9 e $11 \mu\text{g P l}^{-1}$, leggermente superiori rispetto a quelle del 2010. Nell'ultimo triennio (2009-2011) si osserva una lieve tendenza al rialzo delle concentrazioni medie di fosforo a lago rispetto ai valori del periodo 2006-2008. Per confermare questa tendenza è però necessario disporre di altri dati, soprattutto in considerazione dei bassi livelli di fosforo ormai raggiunti dalle acque lacustri.

Gli andamenti stagionali delle altre variabili chimiche nel 2011 sono stati nella norma. I valori medi di azoto nitrico sono stati leggermente inferiori rispetto alla media di lungo

periodo, sia nella stazione di Ghiffa, a centro lago, che a Lesa, nella parte meridionale, a indicare un probabile maggior consumo di nitrato da parte delle alghe fitoplanctoniche. I dati raccolti nel 2011 confermano la tendenza evidenziata dal 2006, cioè una diminuzione del contenuto di ossigeno delle acque profonde. Il periodo tardo invernale negli ultimi anni è stato spesso caratterizzato da temperature miti e scarsa ventosità, ostacolando il rimescolamento delle acque e quindi la riossigenazione degli strati profondi. Gli apporti annui di azoto e fosforo a lago in funzione dell'areale drenato (carichi medi areali) permettono di confrontare lo stato qualitativo delle acque tributarie nelle tre aree (Ticino, Piemonte e Lombardia) i cui apporti interessano il Lago Maggiore. I dati del 2011 confermano la differenza tra le acque tributarie degli areali ticinese e piemontese da un lato (valori sempre inferiori a $0,04 \text{ g P m}^{-2} \text{ a}^{-1}$), e quello lombardo dall'altro, queste ultime caratterizzate dai contributi areali più elevati sia di fosforo totale che di azoto ammoniacale e organico, in particolare per i tributari lombardi (aumento del 18% circa) e per Strona, Erno e S. Bernardino nell'areale piemontese (39-47%).

In sintesi, i dati meteorologici mostrano come il 2011 sia stato un anno climaticamente insolito, caratterizzato da una primavera secca e asciutta, seguita da elevata piovosità in giugno e luglio. I popolamenti planctonici autotrofi sono stati caratterizzati da un'eccezionale e duratura fioritura estiva delle cloroficee *Mougeotia*. Da segnalare una fioritura del cianobattere *Anabaena lemmermanni*, protagonista di estese fioriture nel passato recente, che si è presentata anche nel 2011: il suo massimo sviluppo, peraltro alquanto modesto in valore assoluto, è stato registrato all'inizio di ottobre. 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.

Il comparto riguardante la sostanza organica e i popolamenti batterici pur mantenendo la struttura quantitativa che si è andata costituendo negli ultimi anni, è stato fortemente influenzato nella sua eterogeneità orizzontale dagli eventi meteorologici estivi. I dati riguardanti l'idrochimica lacustre hanno mostrato concentrazioni di P in lago leggermente superiori rispetto a quelle del 2010 e i carichi areali di fosforo nel 2011 hanno mostrato, a confronto con i valori medi del triennio precedente (2008-10) un peggioramento per la maggior parte dei corsi d'acqua.

Nonostante questo il Lago Maggiore si è comunque mantenuto nel 2011 nella condizione prossima all'oligotrofia che ne ha caratterizzata l'evoluzione recente. Questa situazione è frutto dell'equilibrio instauratosi tra situazione meteorologica, pressione antropica e stato dell'ecosistema lago.

Tuttavia tutti i dati acquisiti nel corso del 2011 convergono nel mettere in luce il fatto che l'attuale stato trofico del Lago Maggiore si basa su un equilibrio precario. Se uno stressor climatico (ad esempio episodi di siccità o d'ingenti precipitazioni) 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, a una variazione dell'attuale tendenza evolutiva del lago. Per la diagnosi precoce degli effetti di un tale stressor, spesso non conclamati nelle fasi iniziali, e per la loro mitigazione è indispensabile poter disporre della serie storica dettagliata ed esauriente di dati limnologici che l'attività di ricerca limnologica sostenuta dalla CIPAIIS senz'altro garantisce, diversamente dal meno esauriente monitoraggio "a norma di legge". 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 nel riconoscimento delle reti di ricerca a lungo termine (LTER) nazionali. Proprio in quest'ambito la ricerca CIP AIS sul Lago Maggiore recentemente è stata adeguatamente riconosciuta nel volume "La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia), Situazione e prospettive dopo un quinquennio di attività (2006-2011)", curato da R. Bertoni e pubblicato nel marzo 2012 ([http://www.lteritalia.it/ass2012/La_rete_italiana_LTER_\(ebook\).pdf](http://www.lteritalia.it/ass2012/La_rete_italiana_LTER_(ebook).pdf)).