

9. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti con le ricerche condotte nel 2013 hanno, in sostanza, confermato le tendenze evolutive generali dell'ecosistema, secondo quanto registrato negli anni precedenti. Tuttavia, soprattutto per alcuni parametri, la variabilità interannuale può essere significativa e confondere il quadro generale, se non analizzata in una prospettiva di lungo periodo. In quest'ottica, per ognuna delle singole ricerche, i dati raccolti nel 2013 sono stati confrontati, dove possibile, sia con i risultati ottenuti nel 2012 che con l'andamento pluriennale delle variabili di interesse.

Per quanto riguarda l'entità delle precipitazioni, nel 2013 si sono registrati, mediamente nel bacino del Lago Maggiore, 1710 mm di pioggia, valore in perfetta media pluriennale. Tale valore è il risultato di elevate piogge ad aprile, maggio, ottobre e dicembre che hanno bilanciato le scarse precipitazioni soprattutto dei primi tre mesi dell'anno e di giugno. L'andamento delle portate nel 2013 è stato determinato dalla bassa piovosità dei primi tre mesi dell'anno e dalle consistenti piogge di aprile e maggio, con una media delle portate annuali leggermente al di sotto dei valori di riferimento, seppure in presenza di una certa variabilità tra gli immissari, anche con variazioni consistenti, in un senso o nell'altro, rispetto alle medie pluriennali.

Anche nell'inverno 2012-2013 le condizioni meteorologiche instauratesi sull'areale del Lago Maggiore non sono state così spinte da determinare una omogeneizzazione completa delle sue acque, un aspetto idrodinamico quest'ultimo divenuto ormai la regola per il bacino lacustre: essa ha raggiunto la profondità di ca. 120 m, confermata anche dai valori di stabilità termica presente lungo la colonna. Un infossamento di acque fredde si è verificato nei mesi di aprile e maggio in seguito alle elevate precipitazioni di questi mesi.

I primi risultati delle analisi statistiche per valutare gli effetti delle forzanti climatiche a grande scala, pongono in evidenza come le condizioni meteorologiche locali, private degli effetti di forcing a grande scala abbiano un'incidenza sulla profondità di mescolamento e almeno in parte sulle concentrazioni di ossigeno profondo; scarso invece il loro peso sui contenuti di calore presenti nella massa d'acqua, sia nello strato mescolato che nell'ipolimnio, che sono invece condizionati per lo più dalla variabilità delle oscillazioni atlantiche.

Per quanto riguarda la dinamica dello zooplancton, l'anno 2013 è stato peculiare sia in quanto caratterizzato da un ridimensionamento numerico del popolamento zooplanctonico di rete, sia per una dinamica stagionale diversa da quella osservata nel quinquennio passato. A determinare le differenze sono stati il mancato sviluppo numerico, solitamente massimo a Maggio, e un picco di più modesta entità a Giugno, e in secondo luogo una presenza numerica di *Daphnia* decisamente contenuta. In linea con i tratti della dinamica stagionale è stato invece lo sviluppo numerico della seconda parte dell'anno con una presenza rilevante di *Diaphanosoma brachiurum* così come solitamente osservato. E' possibile attribuire

le differenze osservate nel periodo primaverile al fatto che i mesi di Aprile e Maggio siano stati molto piovosi.

Anche lo svolgimento della successione stagionale del fitoplancton ha sicuramente subito gli effetti della variabilità meteo-climatica locale, evidenti, soprattutto, a carico delle diatomee. Per quanto riguarda il bacino del Lago Maggiore, sia la primavera del 2002 che quella del 2013, sono state caratterizzate da un'abbondanza di precipitazioni superiore alla norma, con un possibile aumento degli apporti di silicati a lago, situazione che favorisce le diatomee di grandi dimensioni, come *Fragilaria crotonensis*, dominante nel 2013. Le dinamiche della successione fitoplanctonica osservate nel 2013, quindi, confermano la tendenza evidenziata negli ultimi anni, secondo cui, a fronte di uno stretto controllo sui carichi puntiformi di nutrienti, è divenuto sempre più importante il ruolo degli apporti da fonti diffuse, soprattutto in relazione all'azione di eventi meteorologici estremi, il cui effetto, sul lungo termine, potrebbe essere simile a quello prodotto dal processo di eutrofizzazione sperimentato dal lago negli anni '60-'70.

La concentrazione di sostanza organica, espressa come carbonio organico totale, nel 2013 non è cambiata in modo rilevante rispetto agli anni precedenti. La disponibilità di carbonio inorganico è sempre stata elevata durante tutto il corso dell'anno. A partire dal 2013 lo studio del TOC si è ampliato includendo anche la valutazione delle sue caratteristiche qualitative, studiando la dinamica delle particelle esopolimeriche trasparenti (TEP, Transparent Exopolymeric Particles) e della CDOM (Chromophoric Dissolved Organic Matter). Le prime sono responsabili della componente mucillaginosa della DOM lacustre, prodotta talvolta in modo massivo dall'attività algale, mentre la seconda è costituita da composti organici ad elevata aromaticità ed è un indicatore di ingresso al lago di sostanza organica alloctona.

Le TEP hanno costituito una frazione importante del DOM, fino al 40%, nei mesi di maggio e giugno negli strati epilimnici rimanendo su valori modesti e decrescenti con la profondità negli strati ipolimnici. Si tratta di quantità che, pur non avendo causato nel 2013 fenomeni critici, risultano tuttavia tali da far considerare con attenzione questa frazione della sostanza organica, in quanto, pur essendo il Lago Maggiore oligotrofo, la massima concentrazione qui misurata ($400 \mu\text{gL}^{-1}$) è risultata superiore a quella media di 22 laghi della zona nord temperata. Oltre ai potenziali effetti negativi sull'attività di pesca (occlusione delle reti) e sulle caratteristiche dell'acqua (formazione di schiume), le TEP nei laghi possono influenzare il trasporto e la segregazione del carbonio organico nei sedimenti con conseguenze importanti sul bilancio del carbonio.

La CDOM è risultata essere una componente importante del DOM negli strati più profondi nei mesi invernali e primaverili mentre nei mesi estivi ed autunnali la componente autoctona, a basso peso molecolare, domina il DOM in tutta la colonna d'acqua. Il monitoraggio dell'abbondanza relativa di CDOM risulta importante nel quadro della valutazione degli effetti sul lago dell'evoluzione climatica in atto, evidenziando eventuali immissioni di sostanza organica terrigena a seguito dell'erosione e del dilavamento dei suoli, causati da fenomeni meteorologici intensi. In conclusione, TEP e CDOM presentano, nel Lago Maggiore, una variabilità spaziale e temporale tale da renderli utili indicatori di eventuali variazioni qualitative della sostanza organica presente in lago.

Nel complesso, la concentrazione di TOC si è mantenuta prossima ai valori misurati nel quinquennio precedente, confermando la sostanziale stabilità dello stato trofico del Lago Maggiore.

Le analisi di questo primo anno di monitoraggio della presenza di antibiotico-resistenze nel Lago Maggiore mostrano il quadro di un lago fortemente antropizzato, dove resistenze specifiche ad antibiotici sintetici sono presenti e diffuse. Questa situazione pur essendo lontana dall'essere ottimale non è ancora di emergenza ma sicuramente è di preallarme perché l'utilizzo delle acque del lago per fini diversi, dall'alimentare al ricreativo, è già elevato ed è destinato all'incremento nei prossimi anni. Un aumento del rischio legato alla diffusione di batteri antibiotico-resistenti è plausibile in assenza di un adeguamento dei sistemi di depurazione e in presenza di un utilizzo di antibiotici che, seppur in lieve calo secondo le fonti ufficiali, è comunque ancora massiccio nel settore della salute umana e, soprattutto, in ambito agricolo e zootecnico. Le criticità emerse in questo primo anno di indagine saranno valutate nel dettaglio nei prossimi anni, focalizzando l'attenzione sull'individuazione di possibili differenze stagionali e spaziali lungo la colonna d'acqua nella distribuzione di batteri antibiotico-resistenti.

Per quanto riguarda la composizione chimica delle acque lacustri, si conferma la diminuzione dei nitrati iniziata nel 2010, sia nelle acque epilimniche che sull'intera colonna d'acqua, da attribuire ad una diminuzione complessiva degli apporti di azoto al bacino imbrifero del lago dalle deposizioni atmosferiche, processo che merita di essere seguito con attenzione.

D'altro canto si conferma, nel 2013, la tendenza all'aumento della concentrazione di fosforo: i valori attuali appaiono molto simili a quelli della prima metà degli anni '90. Tale variazione non è necessariamente indicativa di un peggioramento dello stato trofico e del livello qualitativo delle acque; le variazioni dei nutrienti possono dipendere infatti da molteplici fattori, tra cui i processi di mescolamento, a loro volta influenzati dalle condizioni meteorologiche locali.

Relativamente ai metalli pesanti di origine prettamente antropica e che potrebbero avere rilevanza ai fini della qualità delle acque, questi sono assenti o presenti in concentrazioni prossime al limite di rilevabilità.

Per quanto riguarda gli apporti dai tributari, i torrenti Bardello e Boesio presentano ancora situazioni di criticità, rispetto alle concentrazioni di azoto e fosforo, che nonostante la tendenza al miglioramento visibile negli anni più recenti, si mantengono su valori ancora troppo elevati per garantire il raggiungimento di una soglia di buona qualità ecologica.

Peraltro, i carichi di fosforo totale sono diminuiti nella maggior parte dei corsi d'acqua, prevalentemente grazie alla diminuzione delle concentrazioni. Le portate non sono variate, infatti, in modo sostanziale nel 2013 rispetto all'anno precedente, con l'eccezione di un aumento nel caso del Toce, soprattutto a causa delle portate elevate registrate nei mesi primaverili ed in luglio. Le diminuzioni più evidenti hanno riguardato il Ticino immissario, la Maggia ed il Tresa, ovvero i tre tributari più importanti, risultando in una diminuzione complessiva dei carichi di fosforo a lago, rispetto al 2012. Si deve però rilevare come dal 2005 in poi gli apporti totali sembrano presentare una lieve tendenza all'aumento: nell'ultimo triennio, in particolare, gli apporti sono risultati sempre superiori alle 200 t P a^{-1} , considerata la soglia accettabile per il mantenimento di uno stato oligotrofo delle acque. Questa tendenza riguardante i carichi in ingresso a lago potrebbe spiegare il recente

aumento, seppur contenuto, delle concentrazioni di fosforo reattivo e totale nelle acque lacustri.

Per quanto concerne i carichi di azoto a lago, i valori misurati riflettono la tendenza alla diminuzione osservata nell'ultimo decennio, nonostante un'accentuata variabilità, come conseguenza della relazione tra gli apporti di azoto e gli afflussi meteorici sul bacino.

Relativamente alla distribuzione geografica degli apporti di nutrienti a lago, le acque tributarie lombarde presentano una situazione ancora inaccettabile, soprattutto a causa dei contributi di Bardello e Boesio. Migliore appare la situazione per l'areale piemontese, pur in uno scenario disomogeneo, mentre è da ritenersi più che buona e pressoché costante nel tempo la situazione delle acque tributarie ticinesi.

Alcune informazioni originali ed utili per la gestione dell'ecosistema lago sono emerse dalla ricerca accessoria sullo stato delle fauna ittica, sebbene il quadro che deriva dai campionamenti effettuati sia ancora incompleto e limitato alla zona centro-meridionale del Lago Maggiore. In particolare, meritano di essere menzionate la prevalenza delle specie ittiche alloctone, con una evidente importanza anche di quelle di recente comparsa, la forte riduzione dell'agone, fino a pochi anni fa oggetto misure di contenimento specifiche, la dominanza del coregone bondella nella zona pelagica, in special modo in quella profonda.

Le informazioni relative all'analisi della nicchia alimentare delle tre specie più significative hanno messo in evidenza che, sebbene vi sia una certa sovrapposizione tra le tre specie analizzate, questa solo raramente sembra essere allarmante dal punto di vista della competizione interspecifica, almeno per quanto riguarda la porzione centromeridionale e più produttiva del Lago Maggiore. Tuttavia, soprattutto tra agone e coregone bondella, i valori di sovrapposizione della nicchia trofica sono in alcuni mesi piuttosto elevati e ciò, sebbene probabilmente solo in parte, potrebbe spiegare le diverse abbondanze di queste due specie ittiche.

In conclusione, i dati ottenuti nel corso del 2013 confermano che il Lago Maggiore mantiene tuttora quella condizione prossima all'oligotrofia, che ne ha caratterizzata l'evoluzione recente. Peraltro, come osservato in occasione di precedenti indagini, lo stato ecologico attuale del lago è il risultato di un equilibrio tra il controllo imposto dai fattori meteoroclimatici e quello legato alla pressione antropica che ancora grava sull'ecosistema. Questo equilibrio rimane precario e suscettibile di alterazioni a seguito di eventi estremi, come episodi di siccità o d'ingenti precipitazioni oppure introduzione di sostanze o organismi capace di alterare la rete trofica. Per la diagnosi precoce degli effetti perturbanti, 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 CIP AIS senz'altro garantisce, diversamente dal meno esaustivo monitoraggio " a norma di legge". Soltanto una sorveglianza adeguata, basata su una frequenza di campionamento congrua con la velocità di cambiamento delle variabili fisiche, chimiche e biologiche nell'ambiente naturale e su metodologie analitiche sufficientemente sensibili, precise ed accurate, potrà garantire la capacità diagnostica necessaria per individuare precocemente un eventuale deterioramento qualitativo delle acque lacustri.