

### 3. INDAGINI SULL'EVOLUZIONE DEL POPOLAMENTO ZOOPLANCTONICO: CONFRONTO CON I DATI PREGRESSI ANCHE ALLA LUCE DELLE MUTATE CONDIZIONI METEO-CLIMATICHE.

Roberta Piscia, Marina Manca

#### 3.1. Il popolamento zooplanctonico

Nel corso del 2015, come previsto dal programma di monitoraggio, i campioni sono stati prelevati con frequenza mensile presso il sito storico di campionamento, situato a centro lago lungo il transetto Ghiffa-Caldé, corrispondente alla zona di massima profondità del lago. I campioni sono stati raccolti con due campionatori di plancton di Clarke-Bumpus armati con reti a maglie di 76 $\mu$ m e 126 $\mu$ m di luce, trascinati lungo una traiettoria sinusoidale nello strato del pelago lacustre ove questi organismi vivono (0-50m). I campioni, fissati direttamente in barca con etanolo al 96%, sono stati analizzati al microscopio per l'identificazione dei singoli taxa, per la determinazione della densità di popolazione e per la stima della biomassa. In aggiunta, sono stati prelevati, stagionalmente, campioni di organismi crostacei appartenenti al popolamento zooplanctonico pelagico, tramite retinate verticali nello strato 0-50m, con retini a maglie di 450  $\mu$ m e 850  $\mu$ m, al fine di determinare il *fingerprint* isotopico di carbonio ( $\delta^{13}C\%$ ) e azoto ( $\delta^{15}N\%$ ) nei singoli *taxa* e in *pool* di tre diverse frazioni dimensionali ( $\geq 450 \mu\text{m}$ ,  $450 \leq X \leq 850 \mu\text{m}$  e  $\geq 850\mu\text{m}$ ).

Dall'analisi dei dati appare evidente un'esplosione demografica a partire dal mese di aprile, con un valore totale di densità di popolazione circa 9 volte quello dei mesi precedenti (67126 ind m<sup>-3</sup> in aprile contro 7891 ind m<sup>-3</sup>, valore medio calcolato sul primo trimestre; Fig. 3.1).

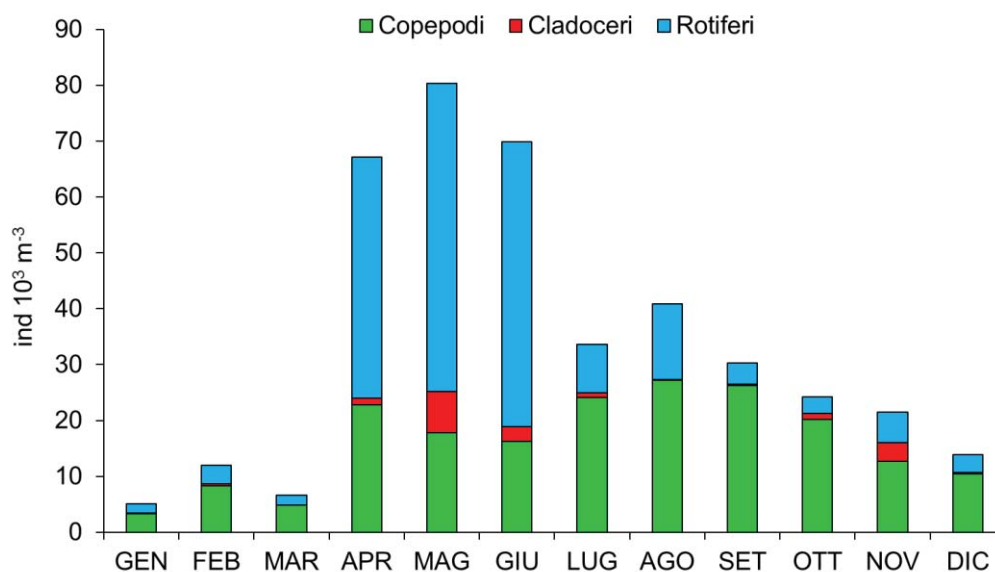


Fig. 3.1. Densità di popolazione dello zooplancton di rete nel corso del 2015 nel Lago Maggiore.

Il repentino aumento di densità numerica è risultato per i due terzi a carico della componente a rotiferi (43172 ind m<sup>-3</sup> in Aprile, 2257 ind m<sup>-3</sup> nel primo trimestre) e per un terzo a carico dei copepodi (22853 ind m<sup>-3</sup> in aprile, 5482 ind m<sup>-3</sup> nel primo trimestre). La densità di popolazione è risultata pressoché costante fino a giugno, con un leggero aumento in maggio, quando solitamente si registra il picco di densità numerica di *Daphnia*, per attestarsi attorno a valori compresi tra 32103 ind m<sup>-3</sup> e 41383 ind m<sup>-3</sup> nel trimestre luglio-settembre e decrescere nella parte finale dell'anno.

Analizzando nel dettaglio le singole componenti del popolamento a copepodi del pelago lacustre possiamo osservare una netta dominanza dei diaptomidi sui ciclopidi soprattutto da aprile a dicembre, ad eccezione del mese di agosto durante il quale il rapporto si inverte (Fig. 3.2 A e B). Le specie rinvenute tra i copepodi sono state, come di consueto, *Cyclops abyssorum* e *Mesocyclops leukarti*, per i ciclopidi, e *Eudiaptomus padanus* e *Mixodiaptomus laciniatus*, per i diaptomidi. Sia per i ciclopidi che per i diaptomidi a predominare numericamente sono stati gli stadi larvali, ovvero quelli naupliari e di copepodite.

Gli stadi larvali dei ciclopidi hanno presentato uno sviluppo numerico a gradoni, con valori di densità numerica bassi nei primi tre mesi dell'anno e negli ultimi due (valori compresi tra 1044 ind m<sup>-3</sup> e 3481 ind m<sup>-3</sup>) e valori più alti durante i mesi centrali dell'anno (compresi tra 4014 ind m<sup>-3</sup> e 6916 ind m<sup>-3</sup>), fatto eccezione per il mese di agosto, quando si è osservato il picco massimo, pari a 14094 ind m<sup>-3</sup> (Fig. 3.2 A).

La densità di popolazione degli adulti dei ciclopidi è risultata altalenante con la predominanza di *M. leukarti* su *C. abyssorum* per quasi tutto l'anno. In particolare, per *M. leukarti* sono stati osservati tre picchi di densità numerica di entità crescente ad aprile, luglio e settembre (466 ind m<sup>-3</sup>, 594 ind m<sup>-3</sup> e 663 ind m<sup>-3</sup>, rispettivamente), intervallati da crolli della popolazione con valori prossimi allo zero.

Nei diaptomidi l'abbondanza numerica è risultata bassa solo nel primo trimestre (compresa tra 1956 ind m<sup>-3</sup> e 4661 ind m<sup>-3</sup>), mentre durante il resto dell'anno sono stati registrati valori alti, con due picchi massimi di simile entità a luglio e settembre (16990 ind m<sup>-3</sup> e 16086 ind m<sup>-3</sup>, rispettivamente).

Anche quest'anno è stata osservata la netta predominanza di *E. padanus* su *M. laciniatus*, specie per alcuni anni non rinvenuta nel pelago lacustre successivamente all'invasione di *Eudiaptomus gracilis* nel 2006 (Manca *et al.* 2007; Visconti e Manca 2010). Seppur presente con pochi individui per metro cubo, *M. laciniatus* è risultato perdurare più a lungo nel corso del 2015 (9 mesi nel 2015 contro 4 mesi nel 2014; Piscia e Manca 2014, 2015).

Anche nel 2015 le specie di cladoceri rinvenute nel pelago lacustre (Fig. 3.3) sono state come di consueto *Diaphanosoma brachyurum*, *Eubosmina longispina*, *Daphnia longispina galeata*, *Leptodora kindtii* e *Bythotrephes longimanus*.

Dalla figura 3.3 si evince una netta alternanza di specie nel popolamento a cladoceri del pelago lacustre. Si osserva, infatti, a partire da gennaio la quasi esclusiva presenza di *Daphnia* fino a Maggio, quando si realizza il picco massimo di densità con 6224 ind m<sup>-3</sup>, valore doppio rispetto agli anni 2013 e 2014 (Piscia e Manca 2014, 2015), seguito a giugno dal picco delle due specie di cladoceri predatori, *Leptodora* e *Bythotrephes* (188 ind m<sup>-3</sup> e 341 ind m<sup>-3</sup>, rispettivamente). A partire da agosto, invece, è stato registrato un cambio nella composizione in specie del popolamento a cladoceri dello zooplancton di rete, con la dominanza dei *particle feeders* *Eubosmina* e

*Diaphanosoma*, la cui abbondanza è risultata aumentare gradualmente fino a novembre.

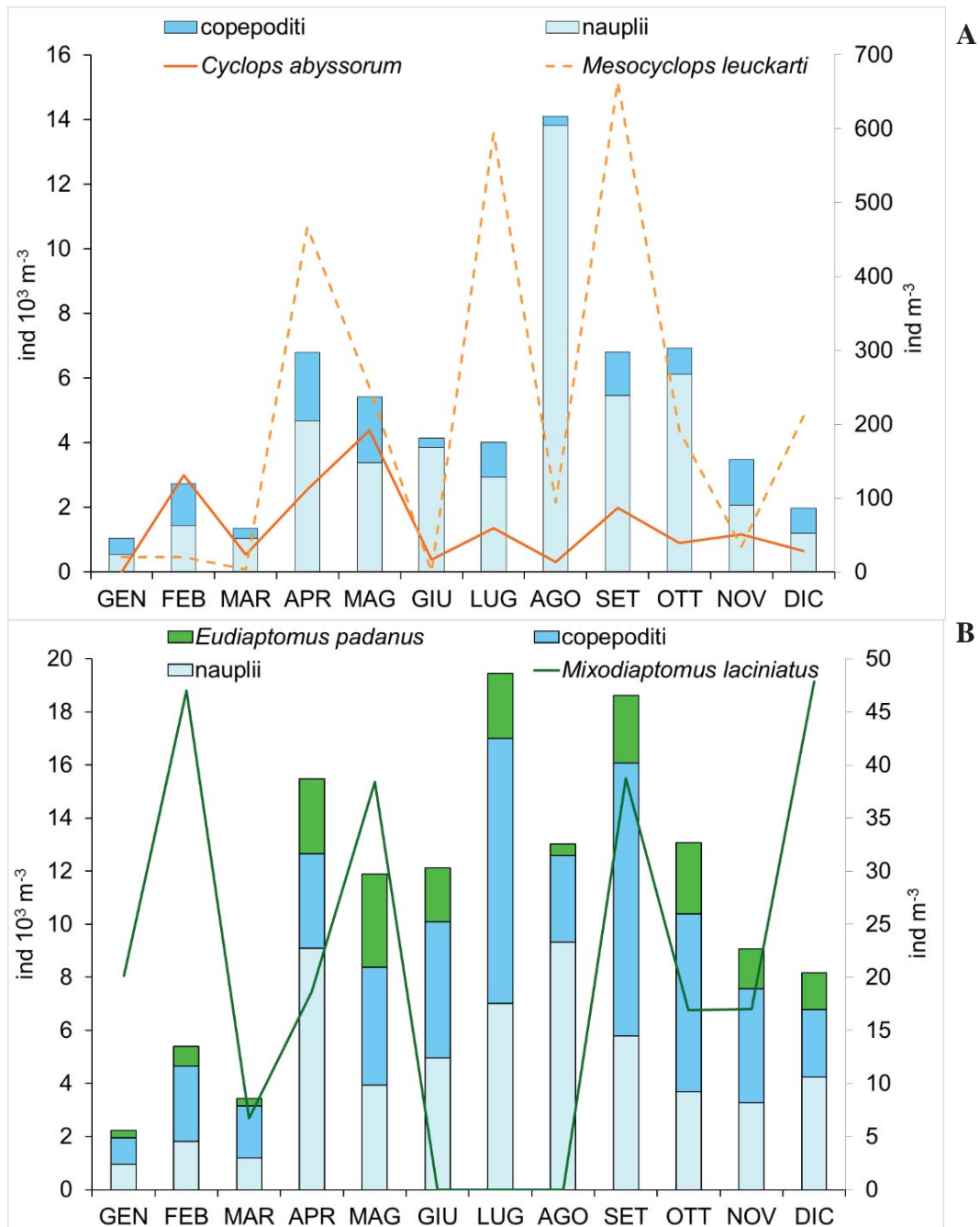


Fig. 3.1.2. Densità di popolazione degli stadi adulti di ciclopidi (A) e diaptomidi (B) e dei relativi stadi naupliari e di copepodite nel corso del 2015 nel Lago Maggiore (i valori delle linee vanno riferite all'asse di destra).

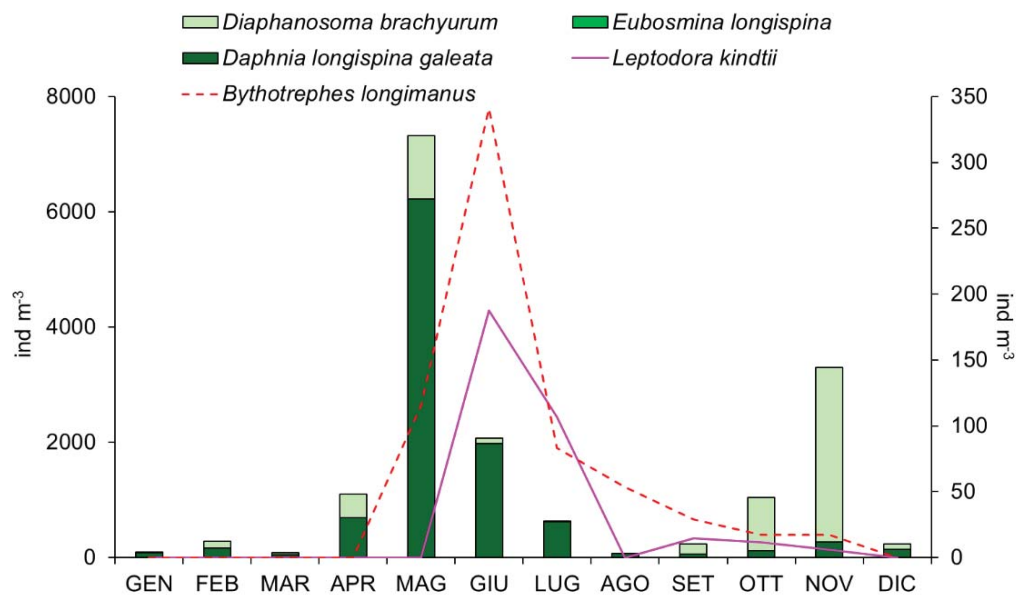


Fig. 3.3. Densità di popolazione dei cladoceri del lago Maggiore nel corso del 2015. I valori di *B. longimanus* e *L. kindtii* vanno riferiti all'asse di destra.

Anche quest'anno nel popolamento a rotiferi dello zooplancton di rete si sono riaffermati come numericamente importanti gli stessi taxa identificati negli scorsi anni: *Notholca acuminata-labis*, *Conochilus unicornis-hippocrepis*, *Synchaeta* spp., *Ploesoma* spp., *Asplanchna priodonta*, *Keratella* spp., *Polyarthra* spp. e *Kellicottia longispina* (Fig. 3.4)

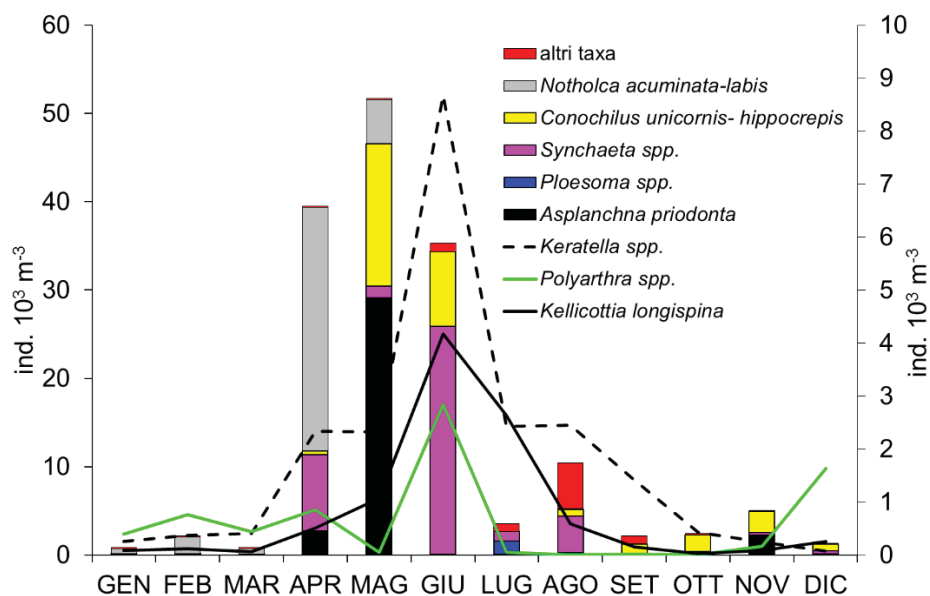


Fig. 3.1.4. Densità di popolazione dei rotiferi appartenenti allo zooplancton di rete del Lago Maggiore nel corso del 2015. I valori delle linee vanno riferiti all'asse di destra.

Anche per i rotiferi i primi tre mesi dell'anno sono stati caratterizzati da una bassa densità numerica, con l'avvio dell'esplosione demografica in aprile e il perdurare fino a giugno di valori di densità di popolazione totale compresa tra 43172 ind m<sup>-3</sup> e 55170 ind m<sup>-3</sup>, a carico prevalentemente di quattro taxa, *Asplanchna*, *Conochilus*, *Synchaeta* e *Notholca*. A giugno raggiungono la massima densità, sebbene con valori inferiori di circa un ordine di grandezza rispetto agli altri taxa presenti, anche *Keratella*, *Polyarthra* e *Kellicottia*.

Il secondo semestre è stato invece caratterizzato da bassi valori di densità numerica con un valore medio pari a 6266 ind m<sup>-3</sup>. Da notare la presenza non trascurabile in questo periodo di *Conochilus*, solitamente osservata nei mesi primaverili.

### 3.2. Analisi degli Isotopi Stabili (SIA)

Le analisi degli isotopi stabili di carbonio di carbonio ( $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ ) e azoto ( $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ ) hanno sostanzialmente confermato, anche quest'anno, quanto già osservato negli anni precedenti (Fig. 3.5). Ovvero la tendenza dei diversi taxa ad avere un *fingerprint* isotopico del carbonio ( $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ ) meno impoverito nel periodo estivo, e ad essere più arricchiti nell'isotopo pesante dell'azoto ( $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ ) nel periodo autunno-inverno.

I valori di  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  di *Daphnia*, in virtù del suo comportamento alimentare non selettivo, sono stati utilizzati come di consueto come linea di base pelagica in quanto ben rappresentano le variazioni registrate dal materiale sestonico (Visconti e Manca, 2011). Le variazioni del *fingerprint* isotopico di *Daphnia* da maggio 2015 a gennaio 2016 è stata ampia e solidale con quanto già osservato in passato (-31,62  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e 2,1  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ , -36,85  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e 9,68  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ , rispettivamente).

I cladoceri sembrano insistere sulla stessa base alimentare tutto l'anno eccetto che in autunno quando i valori di  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  dei grandi predatori, *Bythotrephes* e *Leptodora* (-32,32‰ e -32,07‰, rispettivamente), si discostano significativamente da quelli di *Daphnia* (-34,79‰), utilizzati come linea di base, suggerendo l'utilizzo da parte dei predatori anche di fonti alimentari alternative. *Bythotrephes longimanus* è risultato in tutte le stagioni leggermente più arricchito nell'isotopo pesante dell'azoto, rispetto all'altro cladocero predatore, *Leptodora kindtii*. Essendo la differenza nel  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  tra i due taxa piuttosto contenuta, possiamo ipotizzare non tanto una predazione diretta di *Bythotrephes* su *Leptodora*, quanto una diversa predilezione della seconda per prede caratterizzate da un più basso contenuto isotopico, come le grosse colonie di *Conochilus*, presenti per gran parte dell'anno (Fig. 3.4), la cui matrice gelatinosa polisaccaridica può ospitare numerose cellule fitoplanctoniche (Manca e Comoli, 1995). L'analisi del *fingerprint* isotopico dei cladoceri *filter* o *particle feeders*, ovvero *Daphnia*, *Diaphanosoma* ed *Eubosmina* ha mostrato una totale vicinanza di ruolo trofico di questi organismi, data la quasi completa sovrapposizione dei loro valori di  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ , eccetto che per *Eubosmina* in primavera, meno arricchita nell'isotopo pesante dell'azoto rispetto a *Daphnia* (0,65  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  e 2,1  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ , rispettivamente). Questo risultato è facilmente spiegabile sulla base della nota preferenza di *Eubosmina* per i cianobatteri azoto fissatori, caratterizzati da un basso arricchimento nell'isotopo dell'azoto (Leoni, 2016; Carpenter *et al.*, 1999).

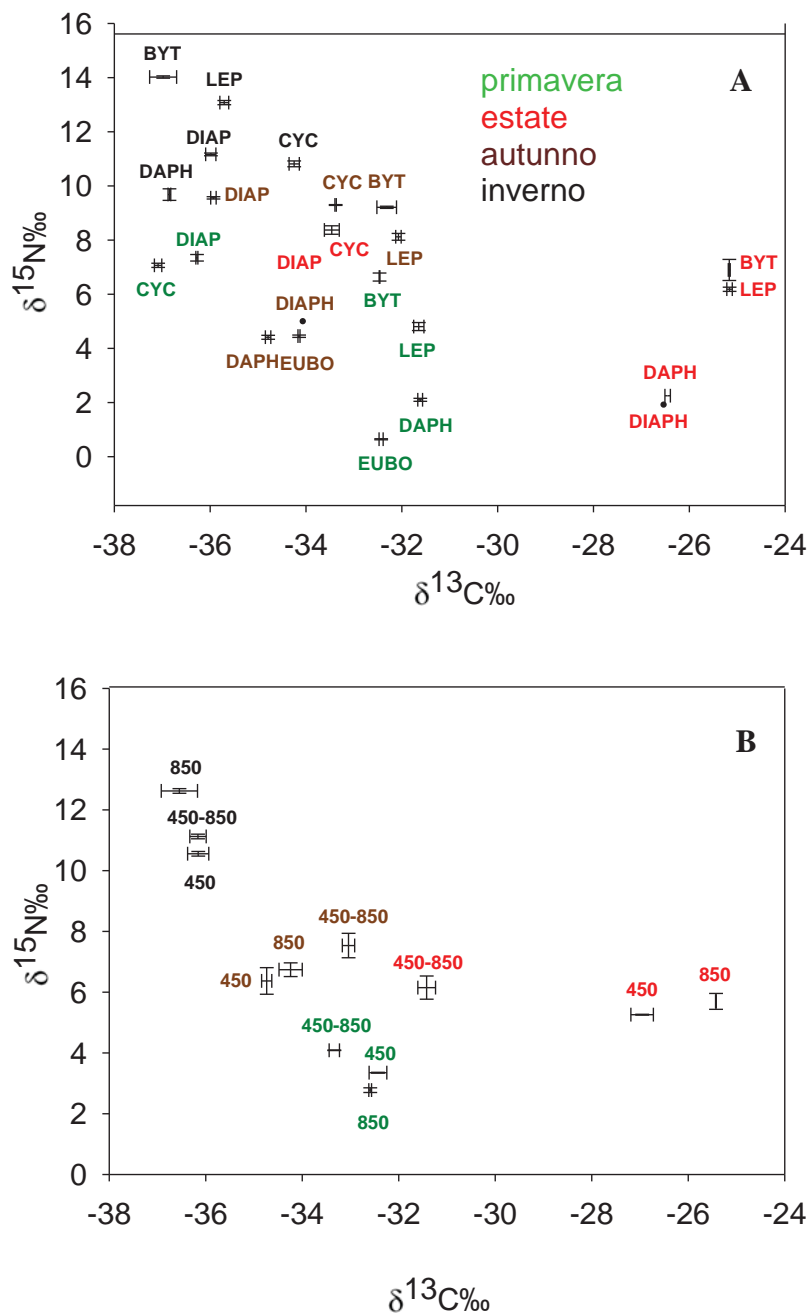


Fig. 3.5. Segnali isotopici di carbonio e azoto dei diversi taxa zooplanctonici del Lago Maggiore nei 4 momenti stagionali (A) e nei pool delle frazioni  $\geq 450\mu\text{m}$ ,  $450\mu\text{m} \leq X < 850\mu\text{m}$  e  $\geq 850\mu\text{m}$  (B). BYT: *Bythotrephes longimanus*; DIAP: diaptomidi; DAPH: *Daphnia hyalina-galeata*; CYC: ciclopidi; EUBO: *Eubosmina longispina*; LEP: *Leptodora kindtii*; DIAPH: *Diaphanosoma brachyurum*.

I copepodi, si sono distinti per una variazione molto contenuta, rispetto ai cladoceri, nei valori dei segnali isotopici di carbonio e azoto ( $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  ciclopidi da -33,38 a -37,09 e da 7,07 a 10,82,  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  diaptomidi da -34,12 a -36,28 e da 7,35  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  a 11,17  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ , rispettivamente), evidenziando la tendenza ad occupare una nicchia trofica ben definita. Inoltre, il contenuto isotopico molto simile sia di azoto che di carbonio di ciclopidi e diaptomidi in primavera ed estate,

sembrerebbe indicare una sorta di vicarianza tra questi due gruppi di organismi zooplanctonici pelagici. Il *fingerprint* isotopico del carbonio è stato solidale con quello di *Daphnia* in autunno, sia per i ciclopidi che per i diaptomidi, e in inverno solo per i diaptomidi, sottolineando, in questi periodi, l'utilizzo di fonti alimentari comuni. In particolare, i valori di  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ , costantemente molto negativi e caratteristici delle acque più profonde, suggeriscono una vera e propria separazione spaziale tra copepodi e cladoceri.

Sono stati analizzati anche i segnali isotopici di  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  dei pool di tre frazioni dimensionali diverse:  $\geq 450 \mu\text{m}$ ,  $450 \leq X \leq 850 \mu\text{m}$  e  $\geq 850 \mu\text{m}$ .

Le analisi effettuate gli scorsi anni hanno dimostrato che il *fingerprint* isotopico dei pool di tutte le frazioni dimensionali considerate possono essere ricostruiti a partire dai valori di  $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  dei singoli taxa pesati per il loro contributo percentuale in termini di biomassa (Bettinetti *et al.*, 2014; 2015). Risulta pertanto possibile individuare quali *taxa* hanno maggiormente influenzato i valori rivelati dalle analisi. Solamente la frazione  $450 \leq X \leq 850 \mu\text{m}$  in estate è risultata discostarsi dalla linea di base pelagica ( $-31,42 \delta^{13}\text{C}\text{‰}$  e  $6,15 \delta^{13}\text{C}\text{‰}$ ) con valori rappresentativi del popolamento a copepodi (diaptomidi e ciclopidi), in quanto privata degli organismi di taglia maggiore ( $\geq 850 \mu\text{m}$ ), ovvero dei cladoceri predatori e degli adulti di *Daphnia* di grossa taglia. In primavera tutte le frazioni dimensionali sono risultate molto influenzate dal segnale isotopico dei consumatori primari, soprattutto di *Daphnia*, principale costituente del popolamento a crostacei di taglia superiore a  $450 \mu\text{m}$  in maggio (Fig. 3.1.2 e 3.1.3). Discorso analogo può essere fatto per l'autunno, quando il *fingerprint* isotopico nelle tre frazioni è stato maggiormente influenzato dalla cospicua presenza in termini di biomassa di *Eubosmina* e *Diaphanosoma*. Infine, in inverno i risultati sembrano ricalcare i segnali isotopici di carbonio e azoto di *Daphnia*, la frazione  $\geq 450 \mu\text{m}$ , e di *Bythotrephes* e *Leptodora* la frazione  $\geq 850 \mu\text{m}$ .

Concludendo, complessivamente i risultati ottenuti nel corso del 2015 hanno confermato i pattern e le relazioni trofiche già osservate negli anni precedenti e in altri laghi (Visconti *et al.* 2014; Perga e Gerdaux, 2005; Fadda *et al.* 2014).

## Bibliografia

- Bettinetti R., E. Boggio, S. Quadroni, M. Manca, R. Piscia. 2015. Contaminanti nello zooplancton. Indagini su DDT e sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore. Programma 2013-2015. Rapporto annuale 2014. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 12-22.
- Bettinetti R., E. Boggio, C. Dossi, M. Manca, R. Piscia. 2014. Contaminanti nello zooplancton. Indagini su DDT e sostanze pericolose nell'ecosistema del Lago Maggiore. Programma 2013-2015. Rapporto annuale 2013. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 2-10.
- Carpenter E.J., J.P. Montoya, J. Burns, M.R. Mulholland, A. Subramaniam, D.G. Capone. 1999. Extensive bloom of a N-fixing diatom/cyanobacterial association in the tropical Atlantic Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 185:273-283.
- Fadda A, R. Rawcliffe, B.M. Padedda, A. Lugliè, N. Sechi, F. Camin, L. Ziller, M. Manca. 2014. Spatiotemporal dynamics of C and N isotopic signature of zooplankton: a seasonal study on a man-made lake in the Mediterranean region. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 50(4): 279-287.

- Leoni B. 2016. Zooplankton predators and prey: body size and  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  seasonality to investigate the pelagic food web of Lake Iseo (Italy). *Journal of Limnology*, in press.
- Manca, M. and P.Comoli, 1995. Seasonal changes in size of the feeding basket of *Leptodora kindtii* (Focke) in Lago Maggiore as related to variations in prey size selection. *Limnology and Oceanography*, 40(4): 834-838.
- Perga M.E. and D. Gerdeaux 2005. 'Are fish what they eat' all year round? *Oecologia*, 144(4): 598-606.
- Piscia R., M. Manca 2014. Indagini sull'evoluzione del popolamento zooplanctonico: confronto con i dati pregressi anche alla luce delle mutate condizioni meteorologiche. C.N.R.-I.S.E. Sede di Verbania. 2014. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2013-2015. Campagna 2013. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 24-31.
- Piscia R., M. Manca 2015. Indagini sull'evoluzione del popolamento zooplanctonico: confronto con i dati pregressi anche alla luce delle mutate condizioni meteorologiche. C.N.R.-I.S.E. Sede di Verbania. 2014. Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma triennale 2013-2015. Campagna 2014. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 28-35.
- Visconti A., P. Volta, A. Fadda, A. Di Guardo, M. Manca. 2014. Seasonality, littoral vs. pelagic carbon sources and stepwise  $^{15}\text{N}$ -enrichment of pelagic food web in a deep subalpine lake: the role of planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(3): 436-446.