

4.3. Dinamica stagionale dei batteri e studio della loro distribuzione orizzontale

4.3.1. Dinamica stagionale

Nel 2012 i popolamenti batterici eterotrofi presenti dello strato 0-20m (Fig. 4.3.1.) hanno presentato una evoluzione stagionale simile a quella del 2009 e 2011 e molto diversa da quella del 2008 e 2010 anni nei quali si è presentato un picco in luglio di oltre 6×10^6 cell mL^{-1} . Nel 2012 il picco massimo di abbondanze batteriche è stato in aprile con 4.44×10^6 cell mL^{-1} . Inoltre nel 2012 dal 24 luglio al 22 agosto il numero di batteri è diminuito di quasi quattro volte arrivando ad un minimo di 1.14×10^6 cell mL^{-1} .

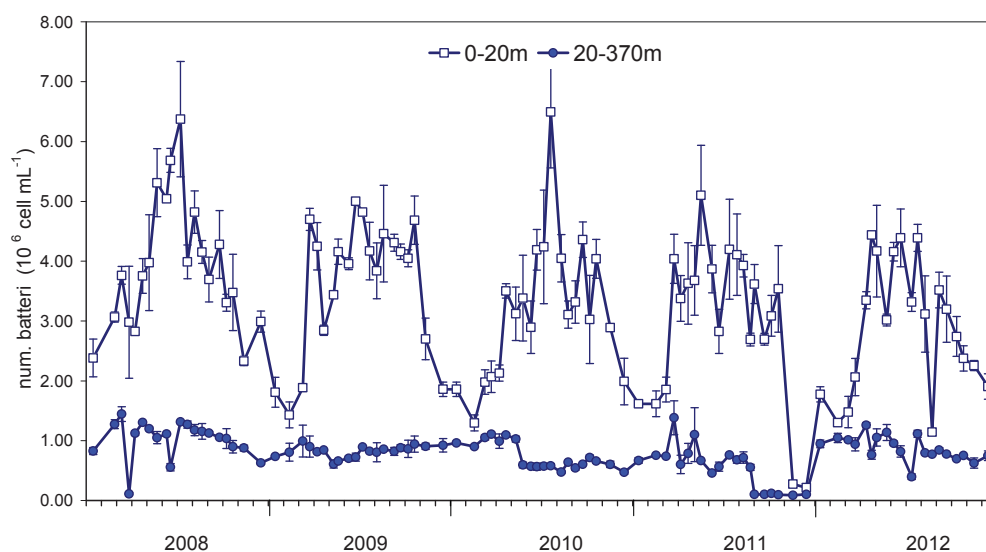


Fig. 4.3.1. Variazione del numero totale di batteri nelle zone 0-20m e 20-370m del Lago Maggiore nel 2012 a confronto con l'abbondanza rilevata nel 2008-2011 (le barre verticali rappresentano la deviazione standard delle medie mensili).

Questa diminuzione nella stagione estiva fa ipotizzare un consumo dei batteri da parte dei loro più comuni predatori quali ciliati e flagellati eterotrofi presenti della zona eufotica. Tale drastica diminuzione era stata osservata anche nell'anno 2011 ma in autunno (da metà ottobre a metà novembre) e negli anni precedenti si è sempre notata una graduale diminuzione del numero di batteri da ottobre a dicembre.

Tab. 4.3.1. Numero di batteri medio, minimo e massimo nelle zone 0-20m e 20-370m del Lago Maggiore negli ultimi 5 anni (2008-2012).

	10^6 cell mL^{-1}					
	media	min	max	media	min	max
2008	3.9	2.3	6.4	1.0	0.1	1.4
2009	3.6	1.4	5.0	0.8	0.6	1.0
2010	3.2	1.3	6.5	0.7	0.5	1.1
2011	3.0	0.2	5.1	0.6	0.1	1.4
2012	2.9	1.1	4.4	0.9	0.4	1.3

Considerando gli ultimi 5 anni si nota una diminuzione graduale del numero medio dei batteri nella zona eufotica, corrispondente allo strato 0-20m, dove si passa da 3.9×10^6 cell ml⁻¹ nel 2008 a 2.9×10^6 cell ml⁻¹ nel 2012 (Tab. 4.3.1.). E' interessante notare che anche il numero massimo di batteri è in diminuzione ma non in modo così graduale. Nello strato 20-370m il numero medio di batteri nel 2012 è di 0.9×10^6 cell ml⁻¹ mentre il massimo è di 1.3×10^6 cell ml⁻¹.

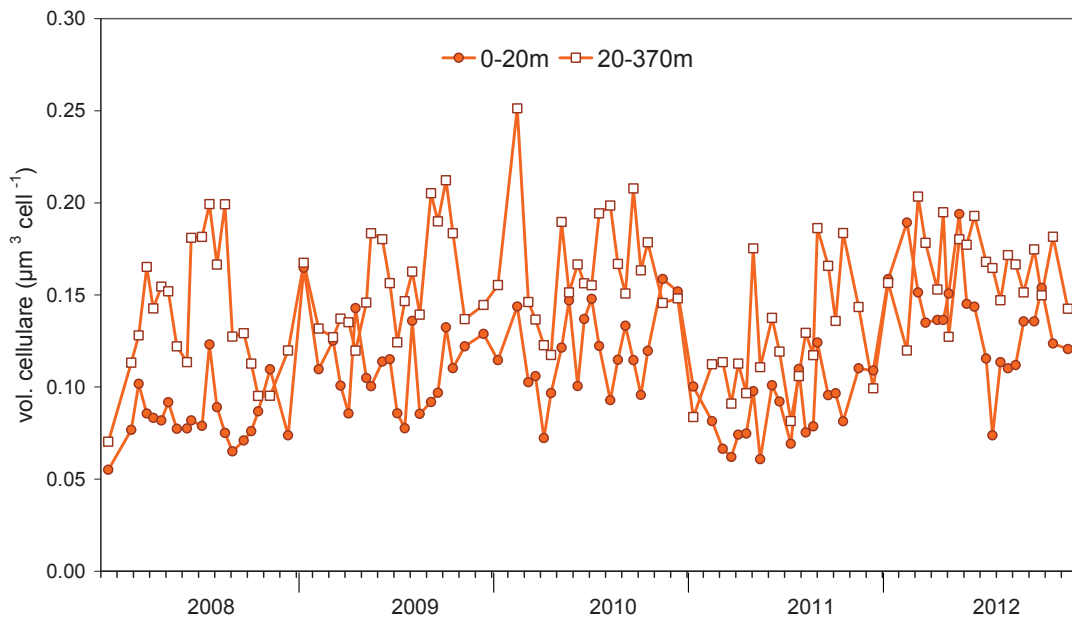


Fig. 4.3.2. Variazione del biovolume medio cellulare dei batteri nelle zone 0-20 m e 20-370 m del Lago Maggiore nel 2012 a confronto con il biovolume medio rilevato dal 2008 al 2011.

Anche nel 2012 si sono valutati i volumi medi cellulari batterici considerando insieme i due morfotipi cocchi e bacilli. In figura 4.3.2. sono presentati i dati di biovolume cellulare batterico dell'anno in corso insieme a quelli del 2008-2011 per facilitarne il confronto. Dall'esame della figura emerge che anche il 2012 è stato caratterizzato da volumi cellulari diversi nella zona eufotica (0-20m) ed afotica (20-370m) confermando una situazione già descritta negli altri anni, sia pur con una certa variabilità interannuale. In particolare i batteri della zona 0-20m sono risultati significativamente più piccoli di quelli della zona 20-370m.

Senza escludere l'effetto di meccanismi di controllo top-down, come ad esempio la predazione, le minori dimensioni cellulari delle cellule batteriche nell'epilimnio dei laghi oligotrofi può essere dovuto alla loro maggior efficienza rispetto alle cellule di più grandi dimensioni in condizioni di nutrienti limitanti (Hernandez-Aviles et al. 2012). Quale che ne sia la causa, l'esistenza di un persistente elemento di biodiversità tra i popolamenti batterici superficiali e profondi del Lago Maggiore merita di essere ulteriormente valutato ed indagato per le sue possibili implicanze ecologiche. D'altro canto le condizioni fisico-chimiche dell'ipolimnio profondo del Lago Maggiore, che si sono rivelate elementi strutturanti le nicchie di biodiversità microbica (Bertoni et al. 2010), possono indubbiamente subire modifiche per effetto delle modificazioni climatiche in atto.

Anche se in gennaio e febbraio del 2012 il biovolume dei batteri subisce un incremento nella zona 0-20m tuttavia da maggio a luglio si assiste ad una progressiva diminuzione del biovolume cellulare batterico che nella zona eufotica si riduce del 62%.

Se si considerano i valori medi annui dei volumi batterici si nota un graduale aumento dal 2008 al 2012, sia nella zona eufotica che in quella afotica; si passa da 0.08 a 0.14 μm^3 per cellula nello strato 0-20m e da 0.14 a 0.17 μm^3 per cellula nello strato 20-370m (Tab. 4.3.2.).

Il carbonio batterico (frazione dimensionale $<1\mu\text{m}$), valutato dal biovolume e dalla abbondanza batterici utilizzando il fattore di conversione di Norland (1993), arriva ad essere una percentuale alta del carbonio organico particellato (POC) $>1\mu\text{m}$ e $<126\mu\text{m}$ misurata analiticamente e presente nelle acque del Lago Maggiore. In particolare il carbonio batterico è risultato essere 82% e 28% del POC nella zona 0-20m e 20-370m rispettivamente. Sembrerebbe quindi che la frazione microbica $<1\mu\text{m}$, principalmente eterotrofa, abbia assunto nel 2012 una notevole rilevanza rispetto alla frazione principalmente autotrofa fitoplanctonica compresa nell'intervallo 1-126 μm , nella zona eufotica.

Tab. 4.3.2. Volume cellulare batterico medio, minimo e massimo nelle zone 0-20m e 20-370m del Lago Maggiore negli ultimi 5 anni (2008-2012).

$\mu\text{m}^3 \text{ cell}^{-1}$	0-20m			20-370m		
	media	min	max	media	min	max
2008	0.08	0.06	0.12	0.14	0.07	0.20
2009	0.11	0.08	0.16	0.16	0.12	0.21
2010	0.12	0.07	0.16	0.17	0.12	0.25
2011	0.09	0.06	0.12	0.13	0.08	0.19
2012	0.14	0.07	0.19	0.17	0.12	0.20

4.3.2. Distribuzione orizzontale

Per quanto riguarda la distribuzione orizzontale del batterioplancton (Fig. 4.3.3.), la sua abbondanza ha mostrato nel 2012 un gradiente crescente da nord a sud che, nel 2011, era stato mascherato dagli apporti alloctoni dovuti alle abbondanti precipitazioni immediatamente prima del campionamento. Anche il carbonio delle cellule batteriche (Fig. 4.3.4.) calcolato a partire dal numero di cellule usando il fattore di conversione di Norland (1993) mostra una distribuzione orizzontale simile a quella dell'abbondanza dei popolamenti batterici. Il carbonio batterico così valutato arriva ad essere una frazione importante di tutta la sostanza organica particellata (POC) presente nelle acque epilimniche del Lago Maggiore, arrivando a costituirne il 43% circa in alcune stazioni.

Dall'esame delle figure. 4.3.3. e 4.3.4. sembrerebbe emergere una differenza di abbondanza batterica e di C batterico tra stazioni pelagiche e stazioni litorali.

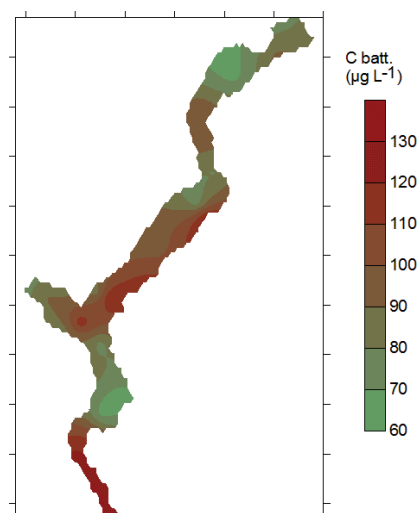
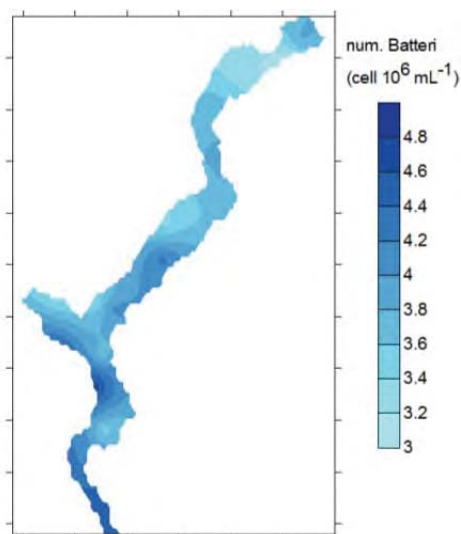


Fig. 4.3.3. Distribuzione spaziale del numero di batteri eterotrofi (10^6 cellule mL^{-1}).

Fig. 4.3.4. Distribuzione spaziale del carbonio organico batterico ($\mu\text{g C L}^{-1}$).

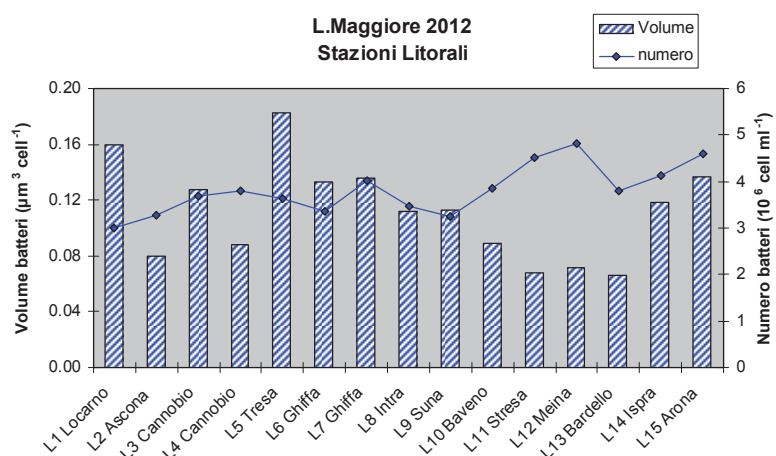
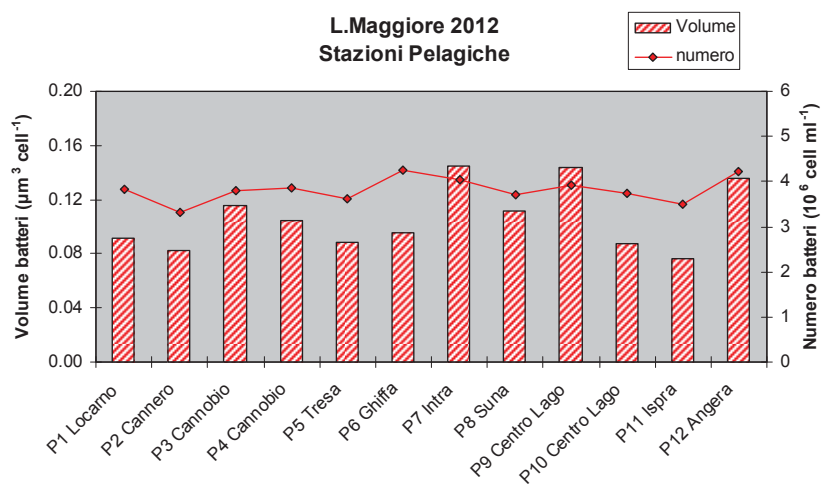


Fig. 4.3.5. Valori medi delle stazioni pelagiche (sopra) e litorali (sotto) dei numeri di batteri e del biovolume medio cellulare.

Tuttavia, se si considerano i valori medi delle stazioni pelagiche e litorali non esiste una differenza significativa sia nei numeri di batteri, sia nei biovolumi medi cellulari che nel carbonio totale batterico (Fig. 4.3.5). Esistono però delle differenze tra le diverse stazioni di campionamento ed in particolare, mentre le stazioni pelagiche sono piuttosto simili tra loro sia come numero che come volume cellulare, quelle litorali presentano una variabilità tra le stazioni decisamente più spiccata (Fig. 4.3.6.).

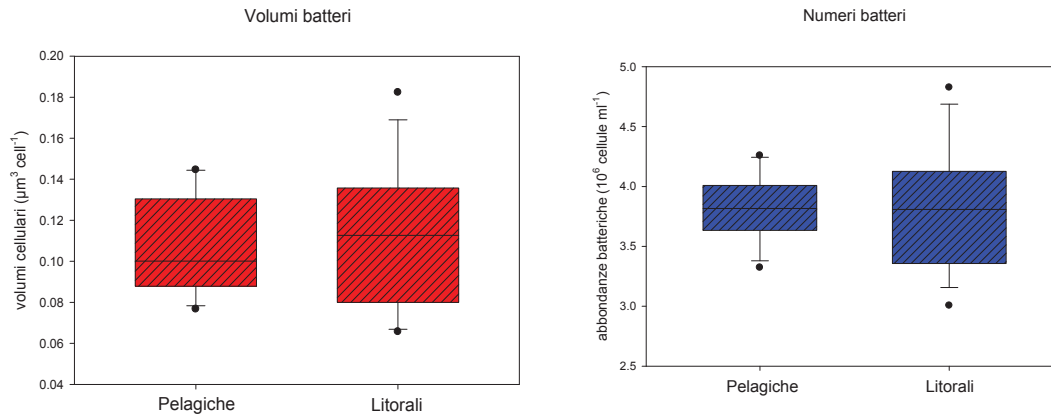


Fig. 4.3.6. Confronto tra volumi cellulari (sinistra) e abbondanze batteriche (destra) nelle stazioni pelagiche e litorali.

Bibliografia

- Norland, S. 1993. The relationship between biomass and volume of bacteria. In Kemp, P, Sherr, B., Sherr, E. and Cole J. (eds), *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology* Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 303-308.
- Porter, K.G. & Y.S. Feig. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnology and Oceanography*, 25: 943-948.
- Bertoni, R., W. Ambrosetti & C. Callieri. 2010. Physical constrains in the deep hypolimnion of a subalpine lake driving planktonic *Bacteria* and *Archaea* distribution. *Advances in Oceanography and Limnology*, 1: 85-96.
- Hernandez-Aviles, J. S., R. Bertoni, M. Macek, C. Callieri. 2012. Why bacteria are smaller in the epilimnion than in the hypolimnion? A hypothesis comparing temperate and tropical lakes. *J. Limnol.*, 71(1): 104-111