

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

#### 4.3.1. Dinamica stagionale

Nel 2011 i popolamenti batterici eterotrofi presenti dello strato 0-20m (Fig. 4.3.1) hanno presentato una evoluzione stagionale comparabile a quella degli anni precedenti ma con una forte riduzione dell'abbondanza negli ultimi mesi dell'anno (circa  $0.2 \times 10^6$  cell  $\text{mL}^{-1}$ ). Questo trend è più precoce e più evidente nell'ipolimnio, dove già da settembre si scende a  $0.1 \times 10^6$  cell  $\text{mL}^{-1}$ .

Considerando gli ultimi 5 anni si nota un trend di diminuzione delle abbondanze batteriche molto evidente nello strato 20-370m, corrispondente alla zona afotica dell'ipolimnio, e meno visibile, anche per effetto della elevata variabilità stagionale, nello strato 0-20m, dove comunque il numero massimo di batteri è stato di  $5.1 \times 10^6$  cell  $\text{mL}^{-1}$ , inferiore di circa il 30% rispetto al massimo del 2010.

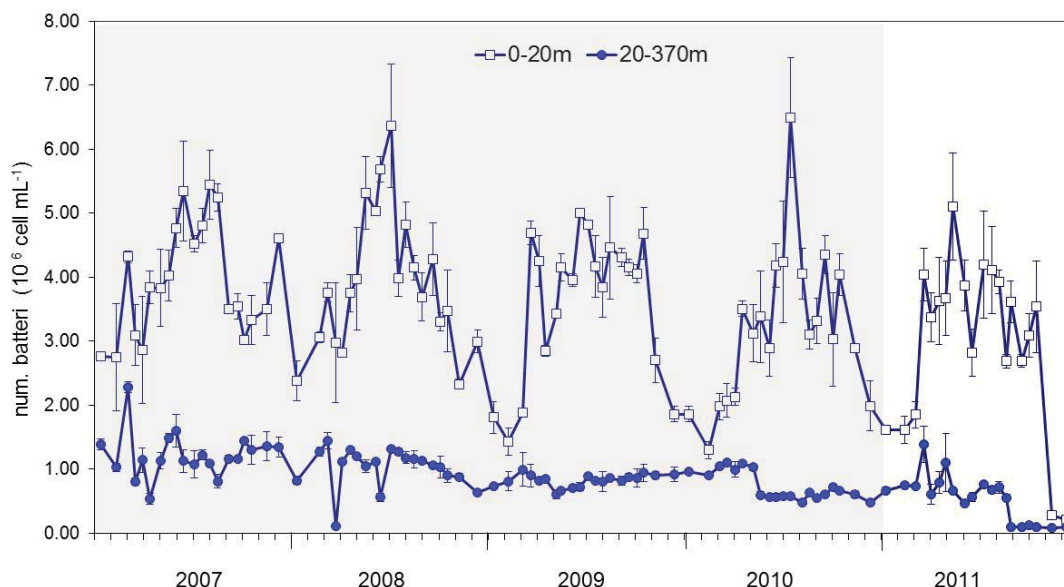


Fig. 4.3.1. Variazione del numero totale di batteri nelle zone 0-20m e 20-370m del Lago Maggiore nel 2011 a confronto con l'abbondanza rilevata nel 2007-2010 (le barre verticali rappresentano la deviazione standard delle medie mensili).

Anche nel 2011 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 2007-2010 per facilitare il confronto. Dall'esame della figura emerge che anche il 2011 è stato caratterizzato da volumi cellulari diversi nella zona fotica (0-20m) ed afotica (20-350m) confermando una situazione già descritta negli altri anni, sia pur con una certa variabilità interannuale. Infatti, pur essendo i biovolumi cellulari medi del 2011 di poco inferiori a quelli del 2010, le dimensioni delle cellule batteriche più elevate sono state misurate nei campioni della zona afotica (media dell'anno:  $0,125 \mu\text{m}^3$  cell $^{-1}$ ) mentre i biovolumi dei batteri della zona

fotica sono significativamente più piccoli (media annuale:  $0,088 \mu\text{m}^3 \text{ cell}^{-1}$ ). Il carbonio batterico, valutato con il fattore di conversione di Norland (1993) dal biovolume arriva ad essere una frazione importante di tutta la sostanza organica particellata (POC) presente nelle acque del Lago Maggiore. Il carbonio batterico è risultato essere, nel 2011, il 26% ed il 19% del POC nella zona 0-20m e 20-370m rispettivamente. Per quanto riguarda la differenza dimensionale dei batteri tra la zona 0-20m e 20-370m sopra ricordata, uno studio condotto confrontando il Lago Maggiore con un lago tropicale messicano ha permesso di concludere che la temperatura per se non può essere considerata l'unico fattore importante per spiegare la differenza dimensionale dei batteri nell'epilimnio e nell'ipolimnio. 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.

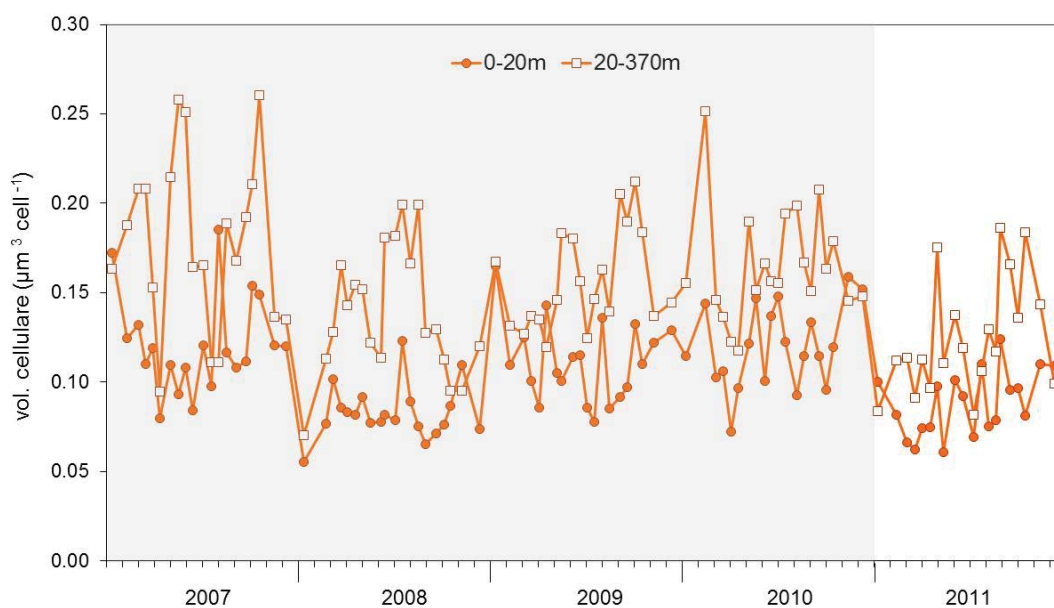


Fig. 4.3.2. Variazione del biovolume medio cellulare dei batteri nelle zone 0-20 m e 20-370 m del Lago Maggiore nel 2011 a confronto con il biovolume medio rilevato dal 2007 al 2010.

#### 4.3.2. Distribuzione orizzontale

Per quanto riguarda la distribuzione orizzontale del batterioplancton (Fig. 4.24), diversamente da quanto emerso in anni precedenti la sua abbondanza non ha mostrato nel 2011 un gradiente crescente da nord a sud. Anche per questa variabile sembra evidente

l'effetto delle intense precipitazioni occorse nella settimana precedente il campionamento. Il numero di batteri, infatti, risulta più elevato nelle zone prossime alle foci dei tributari maggiori. Da notare le elevate abbondanze nella zona di lago antistante la foce del Tresa ( $4.6 \times 10^6 \text{ cell ml}^{-1}$ ), probabilmente da imputare al carico batterico trasportato dalle acque di quel tributario. Ovviamente questa ipotesi non può essere confermata in assenza di uno studio sulla composizione del popolamento batterico, oggi possibile dal punto di vista metodologico ma con costi non sostenibili con la normale dotazione finanziaria di questa ricerca.

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 il 12% circa di tutta la sostanza organica particellata (POC) presente nelle acque epilimniche del Lago Maggiore. Si tratta di un valore inferiore a quello degli anni precedenti, fatto che conferma come l'apporto alloctono abbia alterato i rapporti tra detrito organico e microflora batterica tipici in estate per il lago.

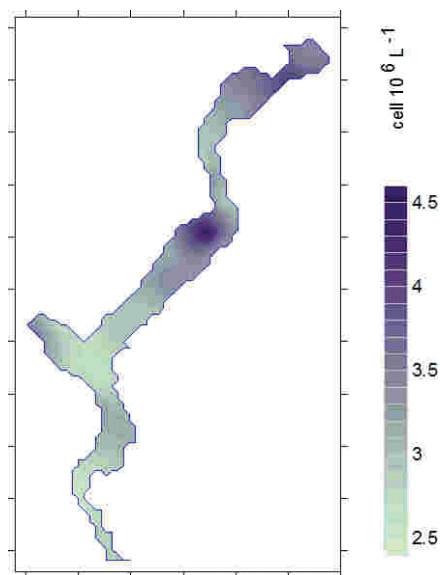


Fig. 4.3.3. Distribuzione spaziale del numero di batteri eterotrofi ( $10^6 \text{ cellule ml}^{-1}$ ).

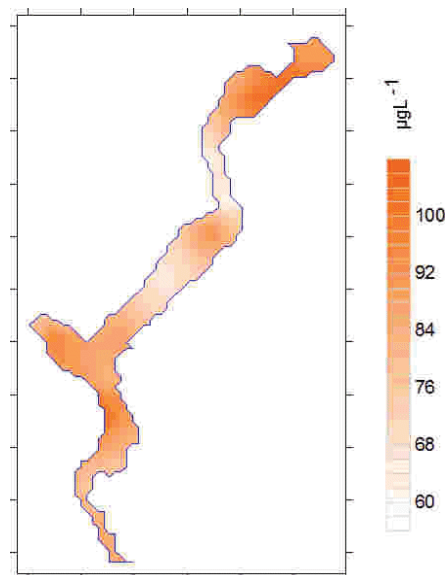


Fig. 4.3.4. Distribuzione spaziale del carbonio organico batterico ( $\mu\text{gC l}^{-1}$ ).

In conclusione, il campionamento del 2011 effettuato dopo un periodo di ingenti piogge mostra come la distribuzione spaziale del batterioplancton del Lago Maggiore, delineatasi negli anni precedenti come caratterizzata da una zona più settentrionale con un più modesto popolamento batterico che gradatamente sfuma in una zona meridionale ove l'abbondanza batterica aumenta, possa venire considerevolmente alterata. Allo stato attuale questo gradiente non va visto tanto come un succedersi di stati trofici diversi quanto piuttosto come un gradiente di vulnerabilità dell'ecosistema. È quindi importante continuare questo monitoraggio per essere in grado di identificare precocemente eventuali involuzioni del sistema.

*Metodologia:* i campioni per l'analisi quantitativa e dimensionale del batterioplancton, prelevati come già descritto nel capitolo precedente, vengono concentrati per filtrazione su filtri non fluorescenti con pori da  $0,2 \mu\text{m}$  (Nucleopore). Le cellule batteriche vengono poi selettivamente colorate con DAPI (Porter & Feig, 1980) ed i filtri sono montati per

l'esame con microscopio ad epifluorescenza (Axioplan, Zeiss). Per il conteggio delle cellule e la misura del loro biovolume si è usato un sistema di analisi di immagine costituito da una telecamera ad alta sensibilità e ad alta risoluzione (Olympus DP70 Digital Camera System, 12.5 Mpixel) associata al software Image-ProPlus (Media Cybernetics) implementato con funzioni macro appositamente sviluppate.

## **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