

R. DANOVARO, P. POVERO, G. DIVIACCO*, M. FABIANO**, M. GIANI*

Istituto Scienze Ambientali Marine, Università di Genova, Corso Rainusso 14, 16038,
S. Margherita L., Genova.

* ICRAM, Via L. Respighi 5, 00197 Roma.

** Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia, Università di Cagliari.

INDAGINE AMBIENTALE SULL'AREA MARINA COSTIERA ANTISTANTE LA PIANA DI ALBENGA (LIGURIA OCCIDENTALE). 2. SOSTANZA ORGANICA PARTICELLATA E BATTERI

Particulate Matter and Bacterioplankton in Ligurian Sea

Abstract

Three cruises (June, July and September 1992) have been carried out in the coastal area facing the river Centa (western Ligurian Sea). Data of particulate organic carbon, nitrogen and bacteria suggested a general oligotrophy of this area, which, however, was characterized by an unusual accumulation of organic matter in sediments probably of allochthonous origin.

Key-words: particulate matter, bacteria, water, sediments, Ligurian sea.

Introduzione

Il ruolo chiave della sostanza organica particellata (POM) nella catena trofica marina e nella produzione primaria è noto da tempo, ma solo recentemente, con un approfondimento relativo al ruolo svolto dai batteri e dal detrito organico, il suo valore nutrizionale è stato studiato da un punto di vista quantitativo (Velimirov, 1989). L'elevata velocità di sedimentazione della POM fa sì, inoltre, che essa sia un'importante fonte alimentare per le comunità bentoniche e sia conseguentemente in grado di caratterizzare le potenzialità produttive di un'area. A conferma di ciò, aree tipicamente oligotrofe, quali il Mar Ligure, sono caratterizzate da basse concentrazioni di materiale organico particellato sospeso (Fabiano *et al.*, 1984). I sedimenti costituiscono un "registratore" dei processi che caratterizzano la colonna d'acqua sovrastante e mostrano caratteristiche assai diverse da quelle del particolato, la cui natura appare altamente refrattaria. La presente indagine si pone come obiettivo l'identificazione della potenzialità produttiva dell'area marina antistante la piana di Albenga. Questo tratto costiero è soggetto ad un notevole grado di antropizzazione tra cui spicca in particolare l'attività agricola.

Materiali e metodi

Il campionamento si è svolto nei mesi di Giugno, Luglio e Settembre 1992 su un grigliato di 10 stazioni (Fig.1). Altre informazioni relative all'area di studio sono riportate in Cicero *et al.*, (presente volume). I campioni d'acqua sono stati prelevati a 0, 10, 25 e 50 m con l'ausilio di bottiglie Niskin lavate con acido cloridrico 0.1N. L'acqua era filtrata su filtri Whatman GF/F per POC, PON e pigmenti fotosintetici. I campioni per il conteggio dei batteri sono stati prelevati mediante provette sterili. Per il campionamento dei sedimenti (0-2 cm) è stata utilizzata una benna Van Veen. Il particolato sospeso totale (TSM) è stato stimato per via

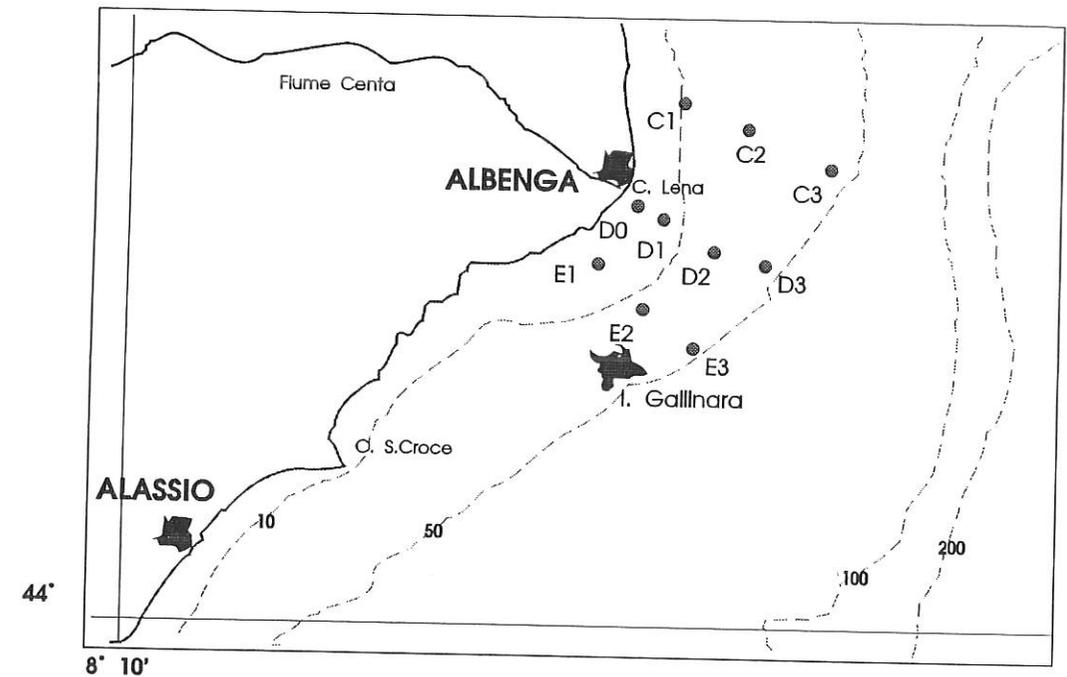


Figura 1 - Area di campionamento e localizzazione delle stazioni (Isobate in metri).

gravimetrica. Il contenuto di carbonio ed azoto organico nel particolato sospeso (POC e PON) e nei sedimenti (TOC e TON) è stato determinato con un CHN Analyzer (CHNS-O EA1108, Carlo Erba) dopo acidificazione con HCl. Clorofilla a (Chl a) e feopigmenti (feop.) nella colonna acqua e nei sedimenti sono stati analizzati con la metodica di Lorenzen e Jaffrey (1980). Per il conteggio dei batteri è stata utilizzata la metodica di Hobbie *et al.*, (1977) che prevede la fissazione in formaldeide (concentrazione finale 2%), colorazione con Arancio di Acridina e filtrazione su membrane Black Nuclepore (0.22 μm di porosità). Il biovolume è stato convertito in carbonio organico assumendo un contenuto di 308 $\text{fgC } \mu\text{m}^{-3}$ (Fry, 1988). L'attività batterica è stata stimata con il conteggio delle cellule in divisione (FDC, %), il numero totale di cellule in divisione (NDC) è stato ottenuto moltiplicando FDC per il numero totale di cellule batteriche.

Risultati

Le concentrazioni dei parametri analizzati (TSM, POC, PON, Chl a, Feop.) ed i relativi rapporti sono riportati in Tab.1. La TSM varia da un massimo di 10.26 mg/l (Luglio, ALD0, 0 m) ad un minimo di 0.15 mg/l (Giugno, ALC3, 10 m). La distribuzione verticale evidenzia una maggiore variabilità nei campioni superficiali rispetto a quelli del fondo. I valori di POC, variano da un massimo di 285.3 ad un minimo di 26.6 $\mu\text{g/l}$ rispettivamente a Luglio (ALE 2, 0 m) ed a Settembre (ALD3 prof. 50 m). A Giugno si trova il valore massimo di PON (27.60 $\mu\text{g/l}$, ALD1, 0 m), mentre il valore minimo (3.72 $\mu\text{g/l}$, ALD3, 50 m) si riscontra a Settembre. Un gradiente tra superficie e fondo è particolarmente evidente in Giugno. Le concentrazioni di Chl a e feop. mostrano un massimo di 0.81 $\mu\text{g/l}$ (Luglio, ALD0, 0 m) ed un minimo di 0.14

Tabella 1 - Concentrazioni di clorofilla a (Chl a), feopigmenti (feop.), materiale sospeso totale (TSM), materiale organico particolato (POC), azoto organico particolato (PON), numero totale di batteri (TBNTOT), biomassa batterica (BBMTOT), frequenza di cellule in divisione (FDC) e numero totale di cellule in divisione (NDC) nella colonna d'acqua.

STAZIONI	Prof.	Chl a (µg/l)		Feop. (µg/l)		TSM (mg/l)		POC (µg/l)		PON (µg/l)		TBNTOT (cell/l)		FDC %		NDC	
		GIUGNO	LUGLIO	GIUGNO	LUGLIO	GIUGNO	LUGLIO	GIUGNO	LUGLIO	GIUGNO	LUGLIO	GIUGNO	LUGLIO	GIUGNO	LUGLIO	GIUGNO	LUGLIO
ALC1	0	0.35	0.16	0.18	0.38	1.42	2.40	151.11	63.15	18.87	8.65	1.44E+08	10.93	3.28	4733400		
	10	0.43	0.26	0.38	0.46	1.39	2.56	151.11	63.15	18.87	8.65	1.44E+08	10.93	3.28	4733400		
	25	0.31	0.18	0.27	0.34	1.27	2.03	58.49	68.44	7.78	7.60	8.91E+07	5.48	1.42	1262240		
ALC2	0	0.32	0.22	0.23	0.34	1.27	2.03	58.49	68.44	7.78	7.60	8.91E+07	5.48	1.42	1262240		
	10	0.31	0.18	0.27	0.34	1.27	2.03	58.49	68.44	7.78	7.60	8.91E+07	5.48	1.42	1262240		
	25	0.31	0.18	0.27	0.34	1.27	2.03	58.49	68.44	7.78	7.60	8.91E+07	5.48	1.42	1262240		
ALC3	0	0.31	0.18	0.27	0.34	1.27	2.03	58.49	68.44	7.78	7.60	8.91E+07	5.48	1.42	1262240		
	10	0.31	0.18	0.27	0.34	1.27	2.03	58.49	68.44	7.78	7.60	8.91E+07	5.48	1.42	1262240		
	25	0.31	0.18	0.27	0.34	1.27	2.03	58.49	68.44	7.78	7.60	8.91E+07	5.48	1.42	1262240		
ALD0	0	0.24	0.25	0.36	0.23	0.42	1.61	147.39	43.35	20.76	25.32	3.23E+08	11.18	2.35	7513440		
	10	0.36	0.21	0.49	0.34	1.42	10.26	105.05	53.16	27.60	5.35	1.04E+08	4.81	1.69	7731111		
	25	0.22	0.31	0.22	0.34	1.67	1.67	105.05	53.16	27.60	5.35	1.04E+08	4.81	1.69	7731111		
ALD1	0	0.53	0.21	0.24	0.57	1.67	2.09	79.27	45.15	84.82	10.29	6.37	11.56	1.28E+08	5.32	0.62	789500
	10	0.54	0.31	0.31	0.57	1.67	2.09	79.27	45.15	84.82	10.29	6.37	11.56	1.28E+08	5.32	0.62	789500
	25	0.31	0.18	0.22	0.34	1.78	1.78	74.80	57.13	47.26	10.31	6.00	6.47	1.10E+08	9.56	0.71	768900
ALD2	0	0.31	0.26	0.26	0.34	1.58	1.78	74.80	57.13	47.26	10.31	6.00	6.47	1.10E+08	9.56	0.71	768900
	10	0.43	0.17	0.27	0.46	1.58	1.78	74.80	57.13	47.26	10.31	6.00	6.47	1.10E+08	9.56	0.71	768900
	25	0.31	0.26	0.26	0.34	1.58	1.78	74.80	57.13	47.26	10.31	6.00	6.47	1.10E+08	9.56	0.71	768900
ALD3	0	0.43	0.17	0.27	0.46	1.58	1.78	74.80	57.13	47.26	10.31	6.00	6.47	1.10E+08	9.56	0.71	768900
	10	0.32	0.26	0.19	0.34	1.72	1.72	82.18	46.21	63.43	7.35	5.66	7.51	1.74E+08	4.36	0.91	1577900
	25	0.31	0.26	0.24	0.34	1.72	1.72	82.18	46.21	63.43	7.35	5.66	7.51	1.74E+08	4.36	0.91	1577900
ALE1	0	0.25	0.19	0.46	0.48	1.14	1.53	59.61	27.30	26.59	8.41	3.72	1.11E+08	3.91	0.71	789500	
	10	0.46	0.24	0.24	0.51	0.24	8.42	158.79	108.09	20.38	11.28	1.70E+08	6.18	1.69	4102480		
	25	0.46	0.24	0.24	0.51	0.24	8.42	158.79	108.09	20.38	11.28	1.70E+08	6.18	1.69	4102480		
ALE2	0	0.37	0.29	0.40	0.40	2.54	2.00	285.32	38.38	21.96	9.91	3.94E+08	10.72	3.33	2524480		
	10	0.40	0.24	0.41	0.24	2.54	2.00	285.32	38.38	21.96	9.91	3.94E+08	10.72	3.33	2524480		
	25	0.26	0.26	0.27	0.26	2.18	1.99	103.02	56.17	11.90	6.57	2.44E+08	9.62	0.51	946680		
ALE3	0	0.17	0.29	0.18	0.30	1.67	1.21	79.73	66.12	8.76	10.28	2.57E+08	11.78	0.49	1262240		
	10	0.21	0.21	0.23	0.23	2.26	5.57	73.84	55.83	7.90	7.96	3.29E+08	11.57	0.38	1262240		
	25	0.24	0.25	0.32	0.35	2.26	5.57	73.84	55.83	7.90	7.96	3.29E+08	11.57	0.38	1262240		
50		0.51	0.14	0.15	0.32	1.92	2.00	42.31	38.34	4.49	5.20	2.80E+08	7.28	0.61	1577900		

$\mu\text{g/l}$ (Settembre, ALE3, 50 m) per la Chl a, ed un massimo di $0.82 \mu\text{g/l}$ (Luglio, ALD0, 0m) ed un minimo di $0.15 \mu\text{g/l}$ (Settembre, ALE3, 50 m). La distribuzione verticale delle concentrazioni di Chl a e feop. mostra una maggiore variabilità nel mese di Luglio.

I dati relativi a densità (TBN), biomassa (BBM) ed attività batterica (FDC) si riferiscono solo a Luglio (Tab. 1). Massimi valori di TBN e BBM sono stati osservati nella st. ALE1 a 10 m; i valori minimi sono stati osservati nella st. ALC3 a 25 m di profondità.

I parametri sedimentari si riferiscono ai soli mesi di Giugno e Settembre (Tab. 2). La clorofilla a mostra concentrazioni mediamente più elevate in Giugno ($0.40 \mu\text{g/g}$ sed.secco) rispetto a Settembre ($0.26 \mu\text{g/g}$ sed. secco). I feopigmenti mostrano concentrazioni mediamente più elevate della Chl a. Le uniche eccezioni sono state riscontrate, in entrambi i periodi, nelle stazioni ALD0 e ALE1. Le concentrazioni di carbonio organico totale (TOC) ed azoto organico totale (TON) variano tra 0.85 mg/g (Giugno ALE1) e 7.01 mg/g (Settembre ALE3) e tra 0.26 mg/g (ALC1 Settembre) e 0.68 mg/g (ALD3 Settembre) rispettivamente.

Tabella 2 - Concentrazioni di clorofilla a (Chl), feopigmenti (feop.), carbonio organico totale (TOC) ed azoto organico totale (TON) nei sedimenti.

	Chl ($\mu\text{g/g}$)		Feop. ($\mu\text{g/g}$)		TOC (mg/g)		TON (mg/g)	
	GIUGNO	SETT.	GIUGNO	SETT.	GIUGNO	SETT.	GIUGNO	SETT.
ALC1	0.38	0.32	1.87	0.68		2.70		0.26
ALC2	0.41	0.31	2.00	1.01	4.63	3.34	0.32	0.34
ALC3	0.44	0.14	1.20	1.32	5.81	3.96	0.53	0.43
ALD0	0.45	0.41	0.25	0.19	5.25	1.44	0.30	0.30
ALD1	0.29	0.00	0.69	0.75	1.98	5.71		0.41
ALD2	0.45	0.33	1.22	1.64	2.80	4.88	0.32	0.39
ALD3		0.42		1.61		5.51		0.68
ALE1	0.40	0.41	0.27	0.19	0.85	1.80		0.33
ALE2	0.36	0.26	2.43	2.02	6.89	5.57	0.54	0.46
ALE3	0.40	0.00	3.49	3.50	1.42	7.01		0.68
AVG	0.40	0.26	1.49	1.29	3.70	4.19	0.40	0.43
STD	0.05	0.15	1.01	0.94	2.09	1.75	0.11	0.14
Max	0.45	0.42	3.49	3.50	6.89	7.01	0.54	0.68
Min	0.29	0.00	0.25	0.19	0.85	1.44	0.30	0.26
N.	9	10	9	10	8	10	5	10

Discussione

Le concentrazioni di materiale sospeso totale sono in accordo con quelle riscontrate in altre aree costiere del Mar Ligure (Albertelli e Fabiano, 1990). Tali valori sono tuttavia superiori alle concentrazioni di seston riscontrate nella riviera di Levante (1.30 mg l^{-1} , Fabiano e Povero, 1992) e di quelle osservate in mare aperto (0.59 mg l^{-1} , Fabiano *et al.*, 1988). L'effetto dovuto all'apporto di materiale sospeso totale da parte del fiume Centa appare, quindi, in questo periodo, relativamente modesto. Solo la stazione più vicina alla "bocca" del fiume (ALD0) risulta essere, con l'eccezione di Settembre, caratterizzata dalle concentrazioni di seston mediamente più elevate. Le concentrazioni di POC sono confrontabili con quelle riscontrate nel Golfo di Genova e superiori a quelle della Riviera di Levante (Fabiano e Povero, 1992)

costituendo una frazione modesta (meno del 10%) della TSM. Tale risultato appare caratteristico di ambienti oligotrofici e di periodi di bassa produzione fitoplanctonica (Fabiano, 1984). Nell'area oggetto di studio, il rapporto Feop./ (Chl a + Feop.) mediamente pari a 5 e gli elevati valori del rapporto POC/Chl a inducono a ritenere che il contributo fitoplanctonico al particolato organico sia modesto e quindi sia prevalente la componente detritica. Nel corso delle campagne effettuate si è riscontrata una diminuzione del rapporto C/N con la profondità. Ciò sembra essere dovuto ad un'influenza terrigena sulle acque superficiali, caratterizzate da una forte stratificazione termica, a differenza di quelle più profonde. Il rapporto C/N aumenta tra Giugno e Settembre, probabilmente come risultato di un graduale aumento della componente detritica del particolato in estate (Fabiano e Povero, 1992). Questi risultati, associati ad una diminuzione delle concentrazioni di Chl a e ad un aumento dei nutrienti (dati non pubbl.), confermerebbero la presenza di processi di rimineralizzazione e l'aumento della frazione eterotrofa. La distribuzione dei batteri evidenzia valori più elevati a ponente del fiume Centa. Il contributo della biomassa batterica al carbonio organico totale è generalmente inferiore al 10% e massimo nelle st. ALDO e ALE1. In funzione dell'elevato contenuto in azoto organico, i batteri contribuiscono significativamente all'abbassamento dei valori del rapporto C/N là dove sono più abbondanti (ALE1, 10m, C/N=6.5). Il contributo del carbonio organico batterico al POC è nello stesso ordine di grandezza del contributo fitoplanctonico e quindi non trascurabile. Inoltre le elevate biomasse riscontrate nei campioni superficiali delle st. ALDO, ALD1, ALE1, ALE2 e ALE3 indicano, nel mese di Luglio, un trasporto delle masse d'acqua e particolato verso ponente. La presenza di maggiori concentrazioni di POC nelle acque superficiali potrebbe inoltre essere responsabile di una maggiore attività batterica come suggerito dagli elevati valori di FDC.

I dati relativi al materiale organico presente nei sedimenti (TOC e TON) appaiono elevati se confrontati con quelli di altre aree costiere del Mar Ligure mentre i valori di Chl a appaiono estremamente bassi rispetto a quanto trovato nel Golfo di Fos, nel Golfo del Tigullio (Danovaro, 1993) o nell'area prospiciente il fiume Arno (Fabiano e Danovaro, in stampa). I valori di carbonio ed azoto organico mostrano un aumento delle concentrazioni da costa verso il largo correlate alla maggiore sedimentazione di materiale fine (Ferretti *et al.*, 1992). Deve inoltre essere sottolineato che le stazioni caratterizzate dalle biomasse batteriche e fitoplanctoniche più elevate mostrano, anche a livello dei sedimenti, bassi valori del rapporto C/N. Data la generale oligotrofia delle masse d'acqua (bassi valori di TSM, e POC), le elevate concentrazioni di sostanza organica nei sedimenti appaiono inusuali e potrebbero indicare la presenza di un accumulo di materiale organico di origine non autoctona spiegabile dall'apporto di tipo fluviale o dalla presenza di altri reflui. L'analisi dei pigmenti fotosintetici attivi e degradati evidenzia che solo 2 stazioni (ALDO e ALE1) mostrano una significativa attività di produzione mentre nelle altre stazioni prevalgono processi di decomposizione. Il carbonio microfitebentonico rappresenta una frazione modesta del TOC (pari a 0.4% in Giugno e 0.29% in Settembre) specialmente se confrontato con altre zone costiere liguri, non influenzate da apporti alloctoni, dove può raggiungere valori superiori al 5%.

Bibliografia

- ALBERTELLI G., FABIANO M. (1990) - Caratteristiche trofiche di una stazione costiera in Mar Ligure. *Atti VIII Congresso A.I.O.L.*, 59-66.
- DANOVARO R. (1993) - Analisi della dinamica e della struttura trofica di comunità meiobentoniche in relazione al contenuto ed alla composizione del materiale particolato. Tesi Dottorale, Università di Pisa. 349 pp.
- CICERO A.M., DIVIACCO G., AUSILI A., DI MUCCIO M., GIANI M., MECOZZI M., MORLINO R. (questo volume) - Indagine ambientale sull'area marina costiera antistante la piana di Albenga (Liguria Occidentale). I: Finalità, generalità ambientali e livelli di composti organofosforati nei sedimenti.
- FABIANO M. (1984). Production of the Ligurian coastal waters. II. Primary production. *Atti Accad. Lig. Sc. Lett.*, 29 (5): 209-210.

- FABIANO M., DANOVARO R. (in stampa) - Composition of organic matter in sediments facing a river estuary (Tyrrhenian Sea): relationships with bacteria and microphytobenthic biomass. *Hydrobiologia* (October 1985). *Boll. Ocean. Teor. Appl.*, X: 65-71.
- FABIANO M., POVERO P. (1992) - Particulate organic carbon and nitrogen in Ligurian coastal waters (October 1985). *Boll. Ocean. Teor. Appl.*, X: 65-71.
- FABIANO M., BAFFI F., POVERO P., FRACHE R. (1988) - Particulate organic matter of the Genoa Gulf (Summer 1983). *Boll., Oceanol. Teor. Appl.*, 4: 35-41.
- FABIANO M., ZAVATTARELLI M., PALMERO S. (1984) - Observations sur la matière organique particulaire en Mer Ligure. *Thétys*, 11 (2): 133-140.
- FERRETTI O., IMMORDINO F., GIORGI L., SETTI M. (1992) - Studio sedimentologico nell'area costiera della foce del fiume Centa (Mar Ligure). Risultati preliminari. *Atti IX Conng. A.I.O.L., S. Margherita L. 1990*, 275-285.
- FRY J.C. (1988) - Determination of biomass, 27-72. In: *Methods in Aquatic Bacteriology*, B. Austin J. Wiley & Sons LTD. (eds).
- HOBBIE J.E., DALEY R.J., JASPER S. (1977) - Use of nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.* 33: 1225-1228.
- LORENZEN C., JAFFREY J. (1980) - Determination of chlorophyll in sea water. *Unesco Techn. Papers Mar. Sci.* 35: 1-20.
- VELIMIROV B. (1989) - Il ruolo dei batteri nei flussi di energia: un approccio ecosistemico. *Oebalia*, 16: 25-46.