

Claudio Tolomio, Lucio Bullo

PRELIEVI GIORNALIERI DI FITOPLANCTON
IN UNA STAZIONE DEL BACINO MERIDIONALE
DELLA LAGUNA DI VENEZIA
APRILE 1993 - MARZO 1994¹

Riassunto. Nel presente lavoro vengono presentati i risultati di una ricerca effettuata sul fitoplancton raccolto, con cadenza giornaliera, in una stazione situata nel bacino di Chioggia, a ridosso del centro abitato. L'estrema variabilità, sia tipologica che quantitativa, cui sono sottoposte le comunità planctoniche lagunari, soggette al gioco periodico delle correnti di marea e all'influenza di molteplici fattori, naturali o di origine antropica, ha indotto ad operare un controllo, con prelievi ravvicinati nel tempo, dell'evoluzione cui è soggetto il fitoplancton in un settore della laguna fortemente condizionato da scarichi di tipo urbano e dalla vicinanza alla bocca di porto, in diretta comunicazione con il mare.

I dati ottenuti dall'esame di oltre 500 campioni hanno mostrato come la composizione dei popolamenti sia costantemente influenzata da apporti di elementi d'origine marina e risenta solo in modo marginale di corpi idrici di provenienza continentale. A forme eupelagiche si affiancano, in quantità rimarchevoli, molte specie prettamente ticolepagiche che l'idrodinamismo, particolarmente accentuato in taluni periodi, è in grado di staccare dal substrato e portare in sospensione. Non mancano elementi oligoalobii, che comunque non assumono mai importanza rilevante dal punto di vista quantitativo. Talora, anche nel caso delle forme più comuni, si sono osservate marcate variazioni a breve termine: alcune forme scompaiono (e altre si presentano in quantità cospicue) senza un'apparente ragione, a testimonianza che spesso il trasporto della masse d'acqua gioca un ruolo ben più importante delle stesse condizioni ambientali e che ogni risultato che si ottiene dallo studio di campioni prelevati saltuariamente deve essere sempre visto nell'ottica di una contingenza che è caratteristica peculiare soprattutto di sistemi a forte ricambio idrico come quello da noi esaminato.

Summary. *Phytoplankton daily samplings in a station of the South basin of the Venice Lagoon. April 1993-March 1994.*

In this work we reported the results of a research carried out on the phytoplankton, collected daily in a sampling station located in the Chioggia basin, close to the town centre.

The extreme typological and quantitative variability, at which the lagoon phytoplanktonic communities are subjected, the tides and the influence of many natural and anthropic factors, have brought on the check, by samplings closer in the time, the evolution of the phytoplankton in a zone of the lagoon, which is strongly affected by urban waste and by the nearness at the channel, connected to the sea.

The data, obtained from 500 samples, showed that the phytoplankton composition was constantly influenced by the seawater and only secondly by the freshwater. In addition to eupelagic species, there were many tycopelagic taxa, removed from the substrate by the hydrodynamism. Moreover, there were oligoalobious species, not much abundant.

Sometimes, there were short-time variations also for the most common species: some taxa disappeared (and others appeared with high density) without a reason. These results show that often the water transport is more important than the environmental conditions and that results obtained from occasionally samplings have to be seen as contingent factor.

Key words: Venice Lagoon, phytoplankton, daily samplings

¹Ricerca eseguita con il finanziamento del MURST nell'ambito del Progetto Sistema Lagunare Veneziano, Linea 3..

INTRODUZIONE

Gli studi effettuati sul fitoplancton della laguna di Venezia nella prima metà del secolo XX° avevano finalità di carattere prettamente floristico: i "saggi" venivano raccolti in maniera casuale e sporadica, solo di rado i dati potevano essere interpretati da un punto di vista quantitativo, poca importanza veniva attribuita al ruolo dei fattori ambientali e dei movimenti idrici sulla struttura delle comunità microalgali. Ciononostante è indubbio il valore storico di tali studi quale riferimento per le ricerche successive; a questo proposito merita una menzione particolare l'ampia monografia di ZANON (1938) relativa alle Bacillariofite (i.e., Diatomee) presenti nelle acque veneziane.

Con l'affermarsi di metodiche idonee ad una corretta numerazione della cellule presenti in un volume unitario, le ricerche si sono successivamente orientate verso valutazioni di carattere quantitativo al fine di ottenere informazioni utili sulle capacità di produzione fitoplanctonica da parte dei vari corpi idrici: così MARCHESONI (1954) per il bacino di Chioggia, così VOLTOLINA (1973, 1975) per il bacino di Malamocco, così SOCAL (1981) per il bacino settentrionale. Stesse finalità sono state perseguite anche in altre campagne di ricerca effettuate in tempi più recenti (SOCAL et al., 1985, 1987; ToLoMio, 1993; ToLoMio et al., 1996, 1999b).

La caratterizzazione delle comunità microalgali della laguna è tuttavia resa problematica dalla peculiarità dei corpi idrici che entrano in gioco (ToLoMio, 1976a). Infatti, in tutti gli ecosistemi costieri i movimenti idrici, in particolare le correnti di marea, determinano, nello stesso punto, una variazione marcata e repentina di tutti gli organismi che conducono vita planctonica e sono quindi soggetti al trasporto passivo dal mare alla laguna e viceversa.

Al fine di poter tenere conto di tali variazioni che assumono un carattere più o meno periodico, è generalmente opportuno operare i campionamenti in fasi opposte di marea (entrante e uscente). Talora anche questa metodica risulta poco esaustiva: è quindi opportuno accorciare ulteriormente la cadenza dei prelievi (da 1 a 3 ore) con lo scopo di ottenere una serie di dati più facilmente interpretabili nell'ambito di un ciclo di marea (BARILLARI et al. 1985). Tenuto conto poi che nel corso di 24 ore le ampiezze di marea differiscono talora in modo consistente, serie di prelievi estesi ad un'intera giornata (cicli nictemerali, con due periodi di marea in immediata successione: Tolomio et al., dati non pubblicati) o a più giorni (BIANCHI et al., 1999) apportano ulteriori contributi ad una conoscenza più dettagliata e precisa degli eventi che si susseguono a breve termine. Ma, anche se si presta particolare attenzione a questa problematica metodologica, resta l'incognita della velocità temporale con cui si evolvono, in un determinato settore lagunare, i popolamenti microalgali, visto che la loro sopravvivenza, il loro sviluppo o la loro regressione sono legati alle capacità di tollerare il cambiamento di certe condizioni ambientali (D'ANCONA & BATTAGLIA, 1962). Appare quindi chiaro che alle variazioni ritmiche dovute ai cicli di marea si sovrappone l'evoluzione, anche in tempi brevi, dei popolamenti stessi, coinvolti nel gioco delle variabili ambientali e delle interrelazioni biologiche quando componenti di diversa origine vengono a contatto reciproco (SACCHI, 1995).

In effetti, per la laguna di Venezia non esistono lavori sul fitoplancton in cui si siano eseguite raccolte con cadenza quotidiana e in condizioni opposte di marea per la durata di un anno, e ciò sia per le difficoltà di operare in campo per un così lungo periodo di tempo, sia

per l'impegno richiesto dall'analisi di un elevato numero di campioni, destinati non solo all'individuazione tassonomica degli organismi, ma anche ad una loro stima quantitativa tramite conteggio.

La possibilità di disporre di una stazione fissa, facilmente accessibile, e l'esperienza acquisita in precedenti ricerche ci hanno indotti ad intraprendere uno studio al riguardo, i cui risultati vengono esposti nel presente lavoro.

MATERIALE E METODI

Il sito di raccolta è stato fissato in corrispondenza del pontile della Stazione Idrobiologica di Chioggia, ubicata nell'Isola di S. Domenico, a nord-est del centro storico (fig. 1).

I campionamenti si sono svolti per l'arco di un intero anno, dal 1 aprile 1992 fino al 31 marzo 1993; il materiale è stato raccolto in superficie alle ore 9 e alle ore 15, con cadenza



Fig. 1 -Area di studio: ubicazione della stazione presa in esame.

pressochè quotidiana. Poichè in Alto Adriatico il periodo di marea è di circa 12-13 ore, i due prelievi hanno interessato quasi sempre momenti di marea opposti, anche se di ampiezza diversa nel corso della ricerca.

Il fitoplancton è stato fissato con formaldeide in ragione del 4 %; le osservazioni sono state eseguite con un microscopio invertito secondo la metodica di UTERMÖHL (1958); per il conteggio si è tenuto conto dei suggerimenti proposti da LUND et al. (1958) e da WILLEN (1976). Per l'identificazione delle specie si sono consultati i trattati consigliati da ToLoMio (1988). Nell'aggiornamento tassonomico si è fatto riferimento alla nomenclatura riportata in VAN LANDINGHAM (1967-1979) per le Diatomee, e in DODGE (1985) per le Dinofitee. Per l'ordinamento delle classi e dei generi si sono adottati i principi enunciati da SOURNIA (1986), da RICARD (1987) e da CHRÉTIENNOT-DINET (1990).

Misure di temperatura (°C) e pH sono state effettuate contemporaneamente ai prelievi di fitoplancton; salinità (‰) e ossigeno disciolto (mL/L) sono stati rilevati solo occasionalmente (Electrochemistry Analyser mod. 3410 della ditta Jenway, U.K.). In ogni caso, relativamente ai suddetti parametri e per la medesima stazione, esiste una serie di dati raccolti nel corso di molti anni, dati che premettono di ben caratterizzare dal punto di vista ecologico le acque prese in esame (FAGANELLI, 1954; Mozzi, 1958, 1959; BRUNETTI & CANZONIER, 1973; BRUNETTI et al., 1977, 1983; Tolomio et al., dati non pubblicati).

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi dei 506 campioni ha consentito l'individuazione di 237 taxa così ripartiti: Dictyochophyceae 2, Dinophyceae 42, Diatomophyceae 183 (Centrales 35, Pennales 148), Euglenophyceae 3, Prymnesiophyceae 6 (tab. 1). Se si considera che il materiale proviene da un solo punto di campionamento, il numero dei taxa rinvenuti può essere ritenuto elevato. D'altro canto in quest'area transitano acque che in marea crescente provengono direttamente dall'imboccatura non molto lontana del porto-canale, acque che quindi trasportano sia forme prettamente eupelagiche (tra le Diatomee, *Rhizosolenia sp. pi.*, *Chaetoceros sp. pl.*; tra le Primnesiofiticee, *Syracosphaera pulchra*), sia cellule fitoplanctoniche convogliate in precedenza nel tratto di mare antistante la bocca durante la marea uscente o trasportate dalle correnti che lambiscono la costa e provengono principalmente da settentrione. In fase di marea calante, invece, il drenaggio delle zone a monte dell'abitato e lo scolo, canalizzato o meno, di acque continentali determina l'affluenza di corpi idrici meno salati (mixoalini), con un contenuto biologico talora costituito da forme oligoalobie (soprattutto Euglenofitee) o, quanto meno, euralobie, in grado cioè di tollerare variazioni di salinità anche molto accentuate; invero sono proprio queste ultime quelle che prevalgono dal punto di vista quantitativo. Non sembra tuttavia che nella zona esaminata si abbiano forti escursioni aline: i dati raccolti sono scesi raramente al di sotto del 30 ‰ e hanno oscillato mediamente tra il 32 e il 35 ‰. Una frazione rilevante di specie possono essere ritenute ticopelagiche, comunemente segnalate come bentoniche, sia di substrato duro (TOLOMIO & ANDREOLI 1989; TOLOMIO et al., 1991) che di substrato incoerente (TOLOMIO et al., 1999 a), ma che, a causa dei movimenti idrici, possono essere sradicate e quindi portate in sospensione, arricchendo la componente planctonica. Si tratta quasi

Anno Mese	1993					1994						
	A	M	G	L	A	S	O	N	D	G	F	M
<i>Protoperidinium quamerense</i> (Schr.) Bal.	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jörg.) Bal.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Pyrocystis elegans</i> Pav.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrocystis lunula</i> (Schutt) Schutt	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Lemm.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
DIATOMOPHYCEAE												
<i>Achnanthes brevipes</i> Ag.	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-
<i>Achnanthes brevipes</i> v. <i>parvula</i> (Kg.) Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Achnanthes delicatula</i> (Kg.) Grun.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes longipes</i> Ag.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Amphora angusta</i> Greg.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Amphora arenaria</i> Dank.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora arenicola</i> (Gran.) Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Amphora bacillaris</i> Greg.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Amphora binodis</i> Greg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Amphora coffeiformis</i> (Ag.) Kg.	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
<i>Amphora exigua</i> Greg.	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
<i>Amphora hyalina</i> Kg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora laevis</i> Greg.	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Amphora lineolata</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Amphora macilenta</i> Greg.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Amphora marina</i> (W. Sm.) V.H.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Amphora ostrearia</i> Bréb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Amphora ovalis</i> (Kg.) Kg.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Amphora pusio</i> Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Amphora veneta</i> Kg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Kg.) Pfitzer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castr.) Round	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müll.) Hend.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Biddulphia pulchella</i> Gray	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caloneis liber</i> (W. Sm.) Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cl.) Hend.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chaetoceros brevis</i> Schutt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chaetoceros debilis</i> Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grun.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chaetoceros socialis</i> Laud.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Chaetoceros wighami</i> Brightw.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+

Anno	1993						1994					
	A	M	G	L	A	S	O	N	D	G	F	M
<i>Cocconeis distans</i> Greg.					+	+	+				+	+
<i>Cocconeis maxima</i> (Grun.) Per. & Per.										+	+	
<i>Cocconeis molesta</i> Kg.						+	+	+	+	+	+	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.				+								
<i>Cocconeis pianota</i> Greg.					+	+	+	+	+	+		
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.										+		
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr.				+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehr.										+		
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehr.												
<i>Cyclotella coma</i> (Ehr.) Kg.												
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Twh.												+
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kg.												
<i>Cyclotella operculata</i> (Ag.) Kg.										+		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim. & Lew.				+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Berg.) Hasle												
<i>Denticula subtilis</i> Grun.										+		
<i>Denticula tenais</i> Kg.										+		
<i>Diatoma vulgare</i> Bory										+	+	+
<i>Diploneis campylodiscus</i> (Grun.) Cl.										+		
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grun.) Cl.												
<i>Diploneis crabro</i> (Ehr.) Ehr.							+	+	+	+		+
<i>Diploneis didyma</i> (Ehr.) Ehr.										+		
<i>Diploneis interrupta</i> (Kg.) Cl.												
<i>Diploneis splendida</i> (Greg.) Cl.										+		
<i>Entomoneis paludosa</i> W. Sm.										+		+
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton										+	+	
<i>fragilaria striatula</i> Lyngb.												
<i>Fragilaria hyalina</i> (Kg.) Grun.											+	+
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kg.) Rabenh.												
<i>Gomphonema exiguum</i> Kg.												+
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Desm.				+	+	+					+	+
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kg.				+	+							+
<i>Grammatophora oceanica</i> Ehr.				+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Guinardia flaccida</i> Castr.												
<i>Guinardia striata</i> (Stolter.) Hasle											+	+
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kg.) Rabenh.												
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kg.) Cl.												+
<i>Gyrosigma halticum</i> (Ehr.) Rabenh.												+
<i>Gyrosigma distortum</i> (W. Sin.) Griff. & Henf.										+	+	
<i>Gyrosigma distortum v. parkeri</i> (Harr.) Cl.											+	
<i>Gyrosigma eximium</i> (Twh.) Boyer												
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehr.) Griff. & Henf.										+		

Anno Mese	1993							1994				
	A	M	G	L	A	S	O	N	D	G	F	M
<i>Gyrosigma littorale</i> (W. Sm.) Griff. & Henf.												
<i>Gyrosigma spencerii</i> (W. Sm.) Griff. & Henf.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrosigma wansbeckii</i> (Donk.) Cl.				+	+					+		
<i>Hantzschia hyalina</i> Grun.												
<i>Hemialus hauckii</i> Grun.					+	+		+	+			
<i>Hemialus sinensis</i> Grev.									+			
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kg.) Grun.	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cl.							+		+			
<i>Licmophora abbreviata</i> Ag.						+	+					
<i>Licmophora dalmatica</i> (Kg.) Grun.	+					+	+	+	+			+
<i>Licmophora debilis</i> (Kg.) Grun.										+		
<i>Licmophora flabellata</i> (Carm.) Ag.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehr.) Grun.	+					+	+	+	+			
<i>Licmophora juergensii</i> Ag.											+	
<i>Licmophora paradoxa</i> (Lyngb.) Ag.						+				+		
<i>Licmophora paradoxa</i> v. <i>tincta</i> (Ag.) Hust.	+											
<i>Licmophora tenuis</i> (Kg.) Grun.							+					
<i>Melosira italica</i> (Ehr.) Kg.								+			+	
<i>Melosira juergensii</i> Ag.									+	+	+	+
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müll.) Ag.	+									+	+	+
<i>Melosira sulcata</i> (Ehr.) Kg.											+	
<i>Navicula anglica</i> Ralfs	+											
<i>Navicula arenaria</i> Donk.										+		
<i>Navicula cancellata</i> Donk.											+	
<i>Navicula capitata</i> Ehr.											+	
<i>Navicula complanata</i> (Grun.) Grun.												+
<i>Navicula cryptocephala</i> Kg.	+							+	+	+	+	+
<i>Navicula cuspidata</i> v. <i>ambigua</i> (Ehr.) Cl.												
<i>Navicula digitoradiata</i> (Greg.) Ralfs												
<i>Navicula forcipata</i> Grev.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Navicula gracilis</i> Ehr.												+
<i>Navicula gregaria</i> Donk.												
<i>Navicula lanceolata</i> (Ag.) Kg.	+			+					+	+		+
<i>Navicula lyra</i> Ehr.											+	
<i>Navicula minuscula</i> Grun.										+	+	
<i>Navicula mutica</i> Kg.											+	
<i>Navicula ostrearia</i> (Galil.) Bory						+						
<i>Navicula pusilla</i> W. Sm.								+		+		+
<i>Navicula radiosa</i> Kg.										+	+	
<i>Navicula salinarum</i> Grun.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula viridula</i> (Kg.) Ehr.											+	+
<i>Nitzschia bilobata</i> W. Sm.										+		

esclusivamente di Diatomee dei generi *Amphora*, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, *Synedra*, di cui è nota la capacità di poter passare dal dominio bentonico a quello pelagico (e, talora, anche viceversa). Il confronto con l'elenco delle specie trovate nel corso di altre ricerche effettuate nel bacino di Chioggia (MARCHESONI, 1954; TOLOMIO, 1993; TOLOMIO et al., 1996, 1999 b) dimostra come le forme comuni, vale a dire più volte segnalate, siano anche quelle che presentano una maggiore abbondanza; le specie poco diffuse risentono maggiormente della contingenza del prelievo o della casualità nell'allestimento del preparato e durante l'osservazione dello stesso.

D'altro canto, tra le Diatomee e le Dinofitcee rinvenute, molte sono quelle segnalate anche in altri sistemi lagunari dell'Alto Adriatico (TOLOMIO, 1978). Il rapporto tra il numero di specie appartenenti alle Diatomee (molte delle quali sono ad alta valenza ecologica) e il numero di Dinofitcee (dette comunemente anche Peridinee, essenzialmente marine) è alquanto elevato (DIP = 4,4), il che rivela l'azione di una selezione non trascurabile, in seno ai corpi idrici in transito, nei confronti delle componenti meno tolleranti della comunità fitoplanctonica.

Le fluttuazioni termiche dell'acqua, leggermente ritardate rispetto a quelle atmosferiche (fig. 2) ma anticipate rispetto all'ambiente marino antistante la laguna, determinano una distribuzione stagionale che per alcuni taxa risulta essere ben marcata. Le Dinofitcee, per

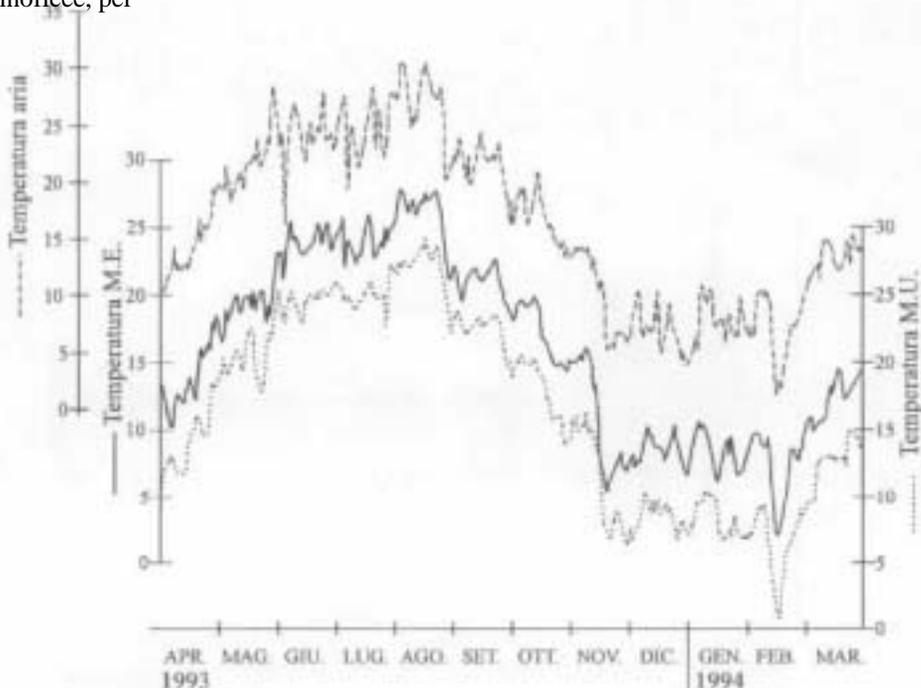


Fig. 2 - Andamento annuale della temperatura dell'aria e dell'acqua di superficie, sia in marea entrante che in marea uscente.

esempio, manifestano la consueta preferenza per acque calde (da luglio ad ottobre); solo alcune specie (*Ceratium furca*, *C. fusus*, *Prorocentrum micans* (fig. 3), *P. minimum*), qui come altrove (TOLOMIO, 1976 b, 1982), sono presenti anche nel periodo freddo a testimonianza di una loro buona tolleranza nei confronti delle escursioni termiche. Meno condizionate da questo punto di vista sono risultate le Diatomee: molte sono le forme che si rinvennero in più periodi nel

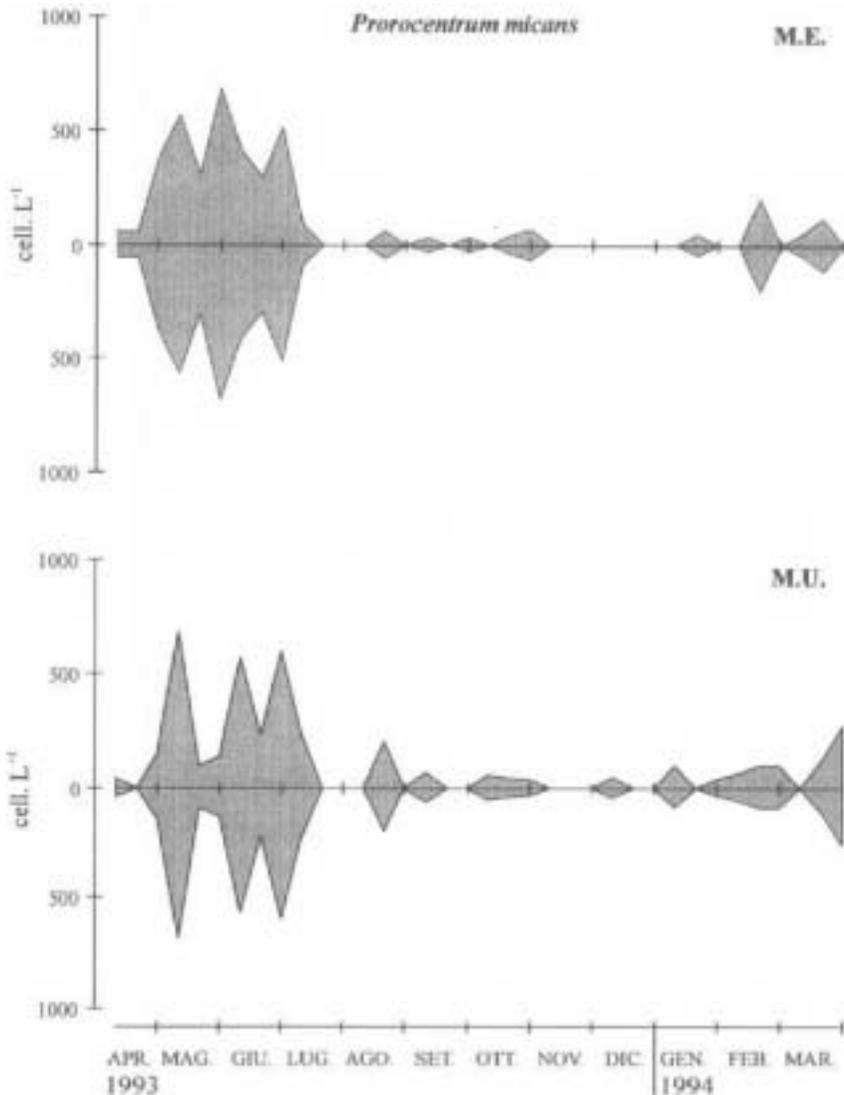


Fig. 3 - Distribuzione temporale di *Prorocentrum micans* nel corso della ricerca (valori mediati per decade).

corso dell'anno (tab. 1); alcune come *Cocconeis scutellum* (fig. 4), *Cylindrotheca closterium*, *Gyrosigma spencerii*, *Nitzshia longissima* (fig. 5) e *N. panduriformis*, sono presenti in tutti i mesi in cui si è svolta la ricerca.

I dati giornalieri di conteggio hanno consentito di evidenziare l'andamento delle concentrazioni di fitoplancton, sia in marea entrante che in marea uscente (fig. 6). Nel primo caso,

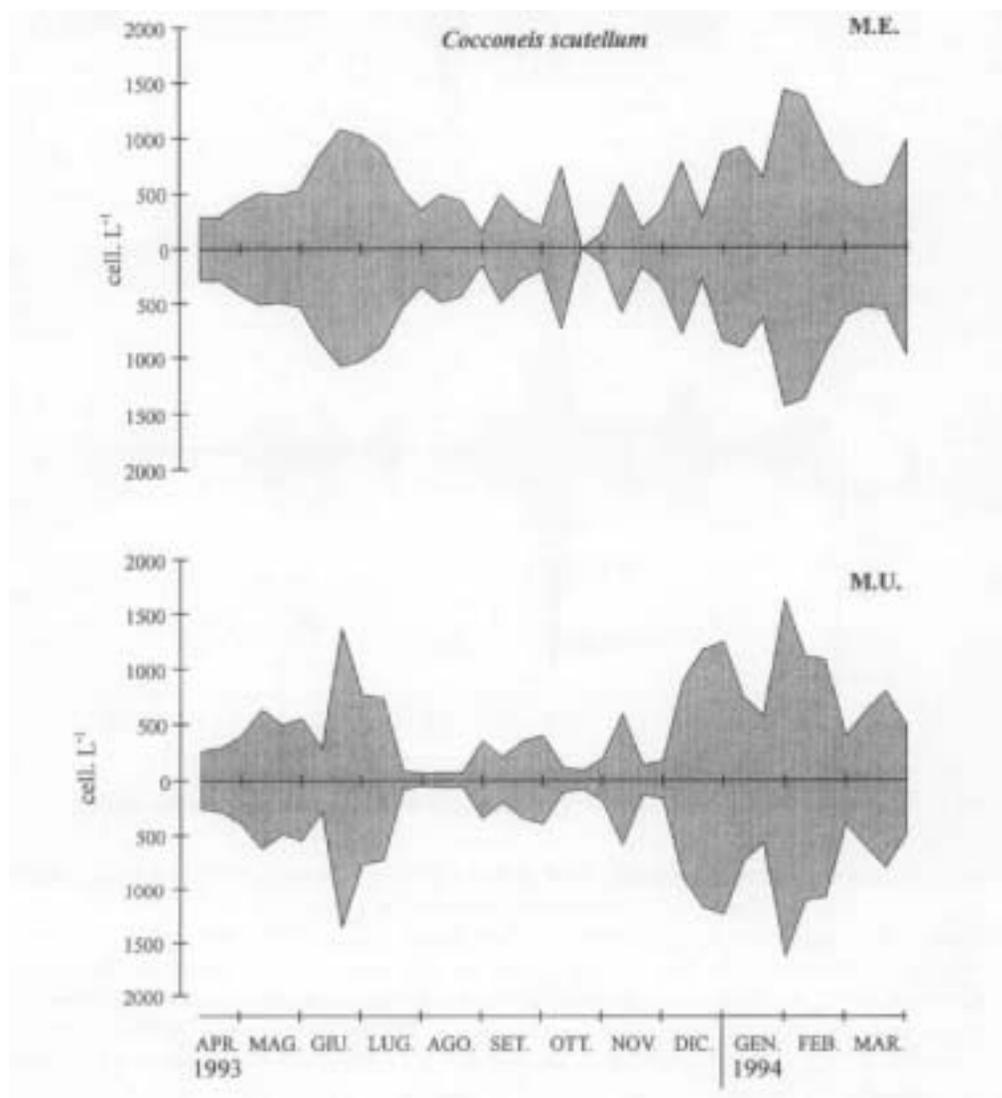


Fig. 4 - Distribuzione temporale di *Cocconeis scutellum* nel corso della ricerca (valori mediati per decade).

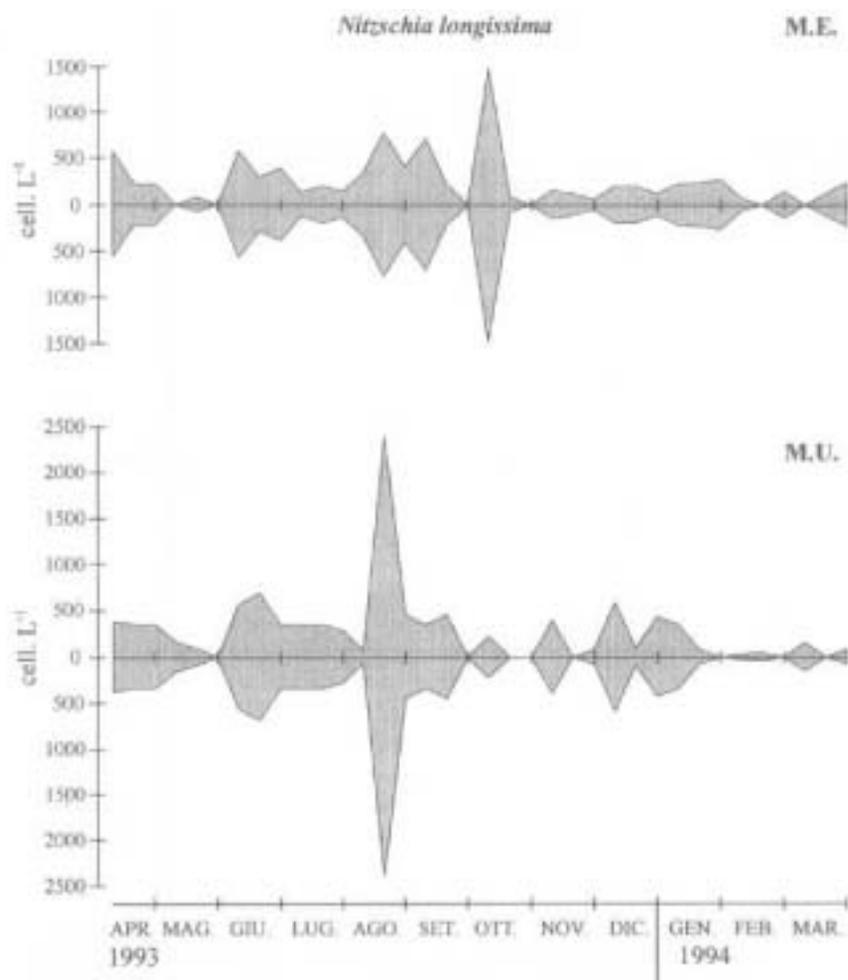


Fig. 5 - Distribuzione temporale di *Nitzschia longissima* nel corso della ricerca (valori mediati per decade).

se si escludono i picchi verificatisi a metà aprile (1993) e a fine marzo (1994) e dovuti essenzialmente a Euglenoficee, per lo più rappresentate da *Eutreptia lanowii*, le fluttuazioni sono apparse più contenute, con valori che di rado hanno superato $0,5 \cdot 10^6$ cell.-L⁻¹ (agosto-settembre 1993, febbraio 1994); le acque defluenti sono state invece caratterizzate da ripetute proliferazioni di fitoplanctonti, proliferazioni che non sempre hanno trovato una corrispondenza nelle acque entranti in laguna, come quelle di *Chaetoceros sp.* e di *Prorocentrum minimum* in luglio o quelle in buona parte imputabili a Cianoficee filamentose e a *Ceratium hyrundinella* alla fine di novembre. In quest'ultimo caso la giustificazione può essere cercata nelle abbondanti precipitazioni e quindi nelle notevole quantità di apporti d'acqua dall'entroterra. Trattasi comunque di episodi che testimoniano la possibilità da parte di alcune entità

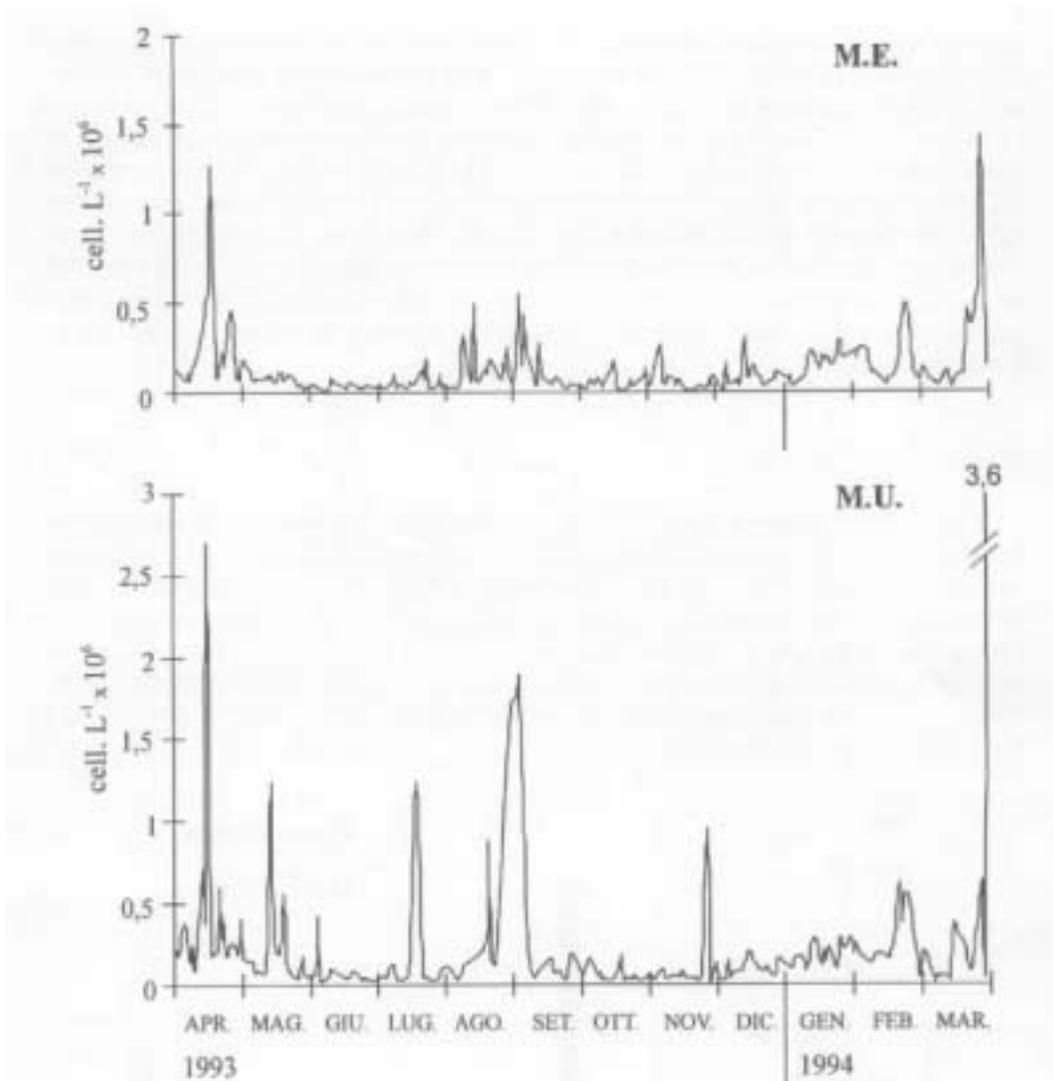


Fig. 6 - Andamento dell'abbondanza fitoplanctonica in marea entrante (M.E.) e in marea uscente (M.U.).

di trovare nelle acque lagunari condizioni favorevoli al loro sviluppo, come *Cylindrotheca closterium* che ai primi di settembre, in laguna, presenta un notevole incremento di cellule rispetto alle acque provenienti dal mare. Questo peraltro smentisce in parte quanto constatato più volte in precedenza da MARCHESONI (1954) e da SOCIAL et al. (1985) e cioè che le acque di provenienza marina sono nettamente più produttive di quelle mixoaline, in cui generalmente si dovrebbe attuare un'intensa selezione e quindi un decremento degli organismi meno tolleranti. È probabile che certi gruppi tassonomici contribuiscano in modo rilevante a questa situa-

zione: a questo proposito va ricordata l'introduzione di un gruppo atipico, quello dei Microflagellati (TRAVERS, 1973) che comprende forme non facilmente riconoscibili al M.O. ma sicuramente appartenenti a classi diverse. D'altro canto, se si escludono i lavori più recenti (ToLOMIo et al., 1996), in passato non veniva attribuita grande importanza a questa componente. Tuttavia, se si paragonano i valori relativi alla quantità dei Microflagellati rispetto a quella di tutti gli altri gruppi tassonomici (tab. 2), si evince il ruolo che questi piccoli organismi rivestono nell'ambito della produzione primaria della laguna, con una presenza sufficientemente continuativa anche se prevalente nei mesi freddi (fig. 7). Non mancano poi episodi in cui questo gruppo incide in modo dominante sulla quantità delle cellule fitoplanctoniche, come a metà maggio nelle acque defluenti e a febbraio, sia in marea entrante che in quella uscente.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

È noto come il plancton lagunare sia strettamente legato, dal punto di vista qualitativo e da quello quantitativo, alle particolari condizioni che caratterizzano le acque dei sistemi costieri e soprattutto alla periodicità dei movimenti di marea. Questi cambiano sia nel corso della stessa giornata, sia durante le diverse fasi lunari, sia con l'avvicinarsi delle stagioni. Una cadenza quotidiana di campionamento, con prelievi in fase di flusso e di riflusso, per un intero ciclo annuale, soddisfa le più disparate condizioni e quindi è sufficientemente significativa per avere un quadro esauriente dell'evoluzione delle comunità fitoplanctoniche, sia a breve che a lunga scala temporale.

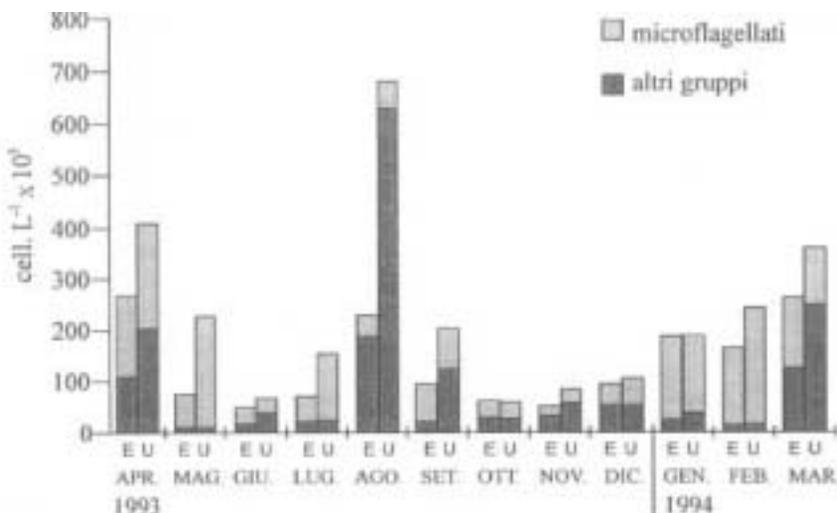


Fig. 7 - Fluttuazioni dei valori medi mensili dell'abbondanza del fitoplancton, tenendo distinti i Microflagellati dagli altri gruppi tassonomici (E = marea entrante: U = marea uscente).

PRIMAVERA

Mesi	APRILE						MAGGIO						GIUGNO					
	I		II		III		I		II		III		I		II		III	
	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	F	U	E	U	E	U
Microflagellati	76	126	212	257	192	239	78	96	86	471	35	72	50	27	23	46	21	18
E. S.	(+15)	(130)	(154)	(±62)	(±44)	(±35)	(7)	(±16)	(7)	(±157)	(8)	(±27)	(±22)	(±7)	(±3)	(±15)	(±2)	(±2)
Altri gruppi	37	56	264	526	19	26	10	12	8	15	12	9	21	84	11	4	17	13
E. S.	(±4)	(±7)	(±166)	(±348)	(±2)	(±5)	(±2)	(±1)	(±1)	(±4)	(±2)	(±2)	(±4)	(±60)	(±2)	(±4)	(±2)	(±1)
Media Totale	56.5	91	238	391.5	105.5	132.5	44	54	47	243	23.5	40.5	35.5	55.5	17	30	19	15.5
E.S.	(±9)	(±17)	(±83)	(±173)	(±30)	(±34)	(±11)	(±15)	(±10)	(±98)	(±5)	(±16)	(±12)	(±30)	(±2)	(±10)	(±2)	(±1)

ESTATE

Mesi	LUGLIO						AGOSTO						SETTEMBRE					
	I		II		III		I		II		III		I		II		III	
	F	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U
Microflagellati	29	22	74	327	38	38	31	42	59	53	44	52	140	84	46	72	33	86
E. S.	(19)	(±3)	(±27)	(1294)	(15)	(±14)	(±5)	(±13)	(+6)	(±10)	(+9)	(±10)	(+33)	(±40)	(±8)	(±18)	(±7)	(+21)
Altri gruppi	16	45	22	16	29	12	146	22	151	263	259	1609	53	332	8	17	6	19
E. S.	(±3)	(±17)	(±4)	(±2)	(±12)	(±3)	(±62)	(±2)	(±43)	(±137)	(+88)	(±62)	(125)	(+196)	(±1)	(±1)	(±1)	(±4)
Media 'totale	22.5	33.5	48	171.5	33.5	25	88.5	32	105	158	151.5	830.5	96.5	208	27	44.5	19.5	52.5
E.S.	(±5)	(±9)	(±14)	(±148)	(±7)	(±8)	(±33)	(±7)	(±23)	(±73)	(±49)	(±349)	(±22)	(±103)	(±7)	(±12)	(±5)	(±14)

AUTUNNO

Mesi	OTTOBRE						NOVEMBRE						DICEMBRE					
	I		II		III		I		II		III		I		II		III	
	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U
Microflagellati	18	20	43	46	41	35	15	14	14	34	29	35	28	37	41	43	53	76
E. S.	(±3)	(±5)	(±17)	(±16)	(+8)	(18)	(±2)	(±2)	(±4)	(±6)	(±13)	(±13)	(±4)	(+7)	(±5)	(±6)	(±11)	(±13)
Altri gruppi	36	45	15	13	34	19	74	38	6	8	13	122	76	81	50	40	21	38
E. S.	(18)	(±18)	(±3)	(±3)	(±12)	(±4)	(130)	(±7)	(±2)	(±2)	(±8)	(±117)	(±36)	(±21)	(±17)	(±7)	(+4)	(±5)
Media Totale E.	27	32.5	29	295	37.5	27	44.5	26	10	21	21	78.5	52	59	45.5	41.5	37	57
E.S.	(±5)	(±10)	(±10)	(±10)	(±7)	(±5)	(±17)	(±5)	(±2)	(±5)	(±8)	(±58)	(±19)	(±12)	(±9)	(±5)	(17)	(18)

INVERNO

Mesi	GENNAIO						FEBBRAIO						MARZO					
	I		II		III		I		II		III		I		II		III	
	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U	E	U
Microflagellati	116	82	182	198	189	173	90	121	263	441	98	118	49	72	168	132	193	131
E. S.	(±47)	(±7)	(±24)	(±31)	(±13)	(±14)	(±22)	(±15)	(±75)	(±49)	(±15)	(±25)	(±10)	(±25)	(±45)	(±23)	(±45)	(±32)
Altri gruppi	27	65	18	21	24	30	19	20	10	21	9	6	13	34	63	35	297	672
E. S.	(±9)	(±26)	(±2)	(±3)	(±4)	(±3)	(15)	(±5)	(±1)	(±7)	(14)	(11)	(±5)	(±18)	(±22)	(±14)	(±168)	(±396)
Media Totale	71.5	73.5	100	109.5	106.5	101.5	54.5	70.5	136.5	231	53.5	62	31	53	115.5	83.5	245	401.5
E.S.	(±29)	(±13)	(±26)	(±26)	(±28)	(±19)	(±16)	(±14)	(±55)	(±63)	(±16)	(±20)	(±7)	(±16)	(±29)	(±19)	(+85)	(±204)

Tab. 2 - Valori medi (cell. · L' x 10³) dei Microflagellati e degli altri gruppi tassonomici e valori medi totali relativi alla fase di marea entrante (E) e di marea uscente (U). Tra parentesi è riportato l'errore standard (E.S.).

L'andamento stagionale della concentrazione di cellule vegetali in sospensione è tutt'altro che regolare e ben definito e poco ricorda le fluttuazioni riscontrate in altri lavori (SOCAL, 1981; VOLTOLINA, 1975; TOLOMIO et al., 1999 b). Nelle acque di flusso di rado si verificano abbondanze degne di rilievo: i corpi idrici non sembrano portare alla laguna un contributo consistente di materiale biologico. Salvo alcune eccezioni, nel corso dell'anno la quantità di cellule si è mantenuta costantemente al di sotto di 0,5- 10' cell. \cdot L $^{-1}$. In ogni caso anche le fioriture di *Skeletonema costatum*, che spesso nel periodo tardo-invernale caratterizzano le acque dell'Alto Adriatico (MOSCHIN & MORO, 1996), non hanno mai raggiunto i valori riscontrati nella stessa zona in altre occasioni (>2. 10⁶ cell. \cdot L $^{-1}$; TOLOMIO et al., 1996, 1999 b).

In marea uscente gli apporti da parte delle acque defluenti sembrano essere più consistenti rispetto a quelli di origine marina. Molto spesso ciò è attribuibile ai Microflagellati, la cui proliferazione sembra essere favorita dalle condizioni esistenti in laguna (eterogeneità dei corpi idrici, trofismo, immissione di acque reflue, ecc.). Poiché solo di recente si è attribuita importanza a questa componente, appare difficile un confronto con i risultati emersi in studi precedenti riguardo al ruolo degli scambi tra i due sistemi limitrofi (mare e laguna). La vivificazione marina nei confronti del bacino lagunare è spesso largamente compensata da un effetto altrettanto positivo delle acque di deflusso sui corpi idrici del mare antistante; tutto questo si può tradurre in un incremento della produttività e della biodiversità lungo la fascia costiera prospiciente o prossima al bacino, a prescindere da eventuali impatti negativi dovuti a fenomeni di degrado ambientale che possono comunque interessare tutto il comprensorio.

Se si confrontano le liste floristiche pubblicate in precedenza relativamente alla medesima area, non si possono non notare alcune affinità e discrepanze. Se ci si limita ai lavori relativi al bacino meridionale, MARCHESONI (1954) segnala un numero di Diatomee (219), di Peridinee (=Dinophyceae: 71) e di Silicoflagellate e Coccolitine (rispettivamente, Dictyochophyceae e Prymnesiophyceae: 12) maggiore rispetto a quanto da noi rinvenuto, pur avendo effettuato prelievi solo mensilmente; è tuttavia da tener presente che tale Autore ha considerato quattro stazioni di cui una in mare e una in zona "valleggiana"; nel primo caso infatti possono aumentare le Dinoficee, oltre alle Diatomee eupelagiche, mentre nel secondo si può avere un considerevole contributo di Diatomee oligoalobie. In uno studio effettuato nel 1989 (TOLOMIO et al., 1999 b), sempre con cadenza mensile ma in due stazioni influenzate l'una direttamente dal mare (porto-canale), l'altra dalle acque della laguna interna, si è ottenuto un numero di taxa ridotto per quanto concerne le Diatomee (148) e alquanto simile relativamente a Dinophyceae (45) e Dictyochophyceae + Prymnesiophyceae (9). Successivamente, nel corso di una ricerca biennale (1991 e 1992) eseguita adottando le stesse metodologie in una zona lagunare direttamente interessata dal porto-canale (TOLOMIO et al., 1996), si è osservato un numero leggermente più alto di taxa appartenenti alle Diatomee (165), mentre diminuiscono in modo sensibile le Dinophyceae (27); stabile e sempre basso, invece, il numero di Dictyochophyceae e Prymnesiophyceae (6).

Oltre alle classi summenzionate è opportuno ricordare le Euglenophyceae che, pur poco rappresentate come numero di specie, assumono talora una certa importanza dal punto di vista quantitativo (e.g., *Eutreptia lanowii* e *Eutreptiella marina*), tenuto conto anche del fatto che la loro presenza può indicare l'apporto di acque di rifiuto urbano (TOLOMIO et al., 1996, 1999 b).

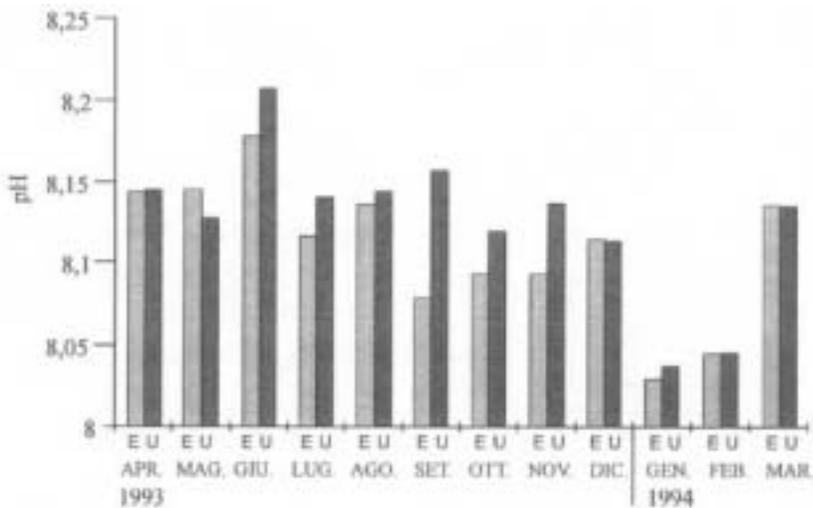


Fig. 8 - Valori medi mensili del pH nella stazione di campionamento.

Resta infine il problema della presenza di specie ritenute tossiche: a questo proposito si segnala solo il ritrovamento di *Dinophysis fortii* nel periodo compreso tra agosto e novembre, ma sempre in concentrazioni tali da non suscitare alcuna apprensione (TOLOMIO & MOSCHIN, 1995).

Dall'analisi dei risultati ottenuti si può ritenere che la stazione presa in esame, pur essendo localizzata in un'area solo marginalmente interessata dalle principali direttrici delle correnti di marea, risenta degli apporti provenienti dal mare ancor più di quelli imputabili al drenaggio delle zone interne. L'elevata salinità e una concentrazione idrogenionica alquanto stabile (pH compreso tra 8,03 e 8,21: fig. 8), unitamente alla presenza di elementi tipicamente eupelagici, conferma l'efficienza della bocca di porto che, qui come altrove (bacino di Malamocco), favorisce un ricambio idrico di notevole portata con il mantenimento di comunità che risultano spesso più affini a quelle costiere che non a quelle tipiche di ambiente salmastro.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori intendono ringraziare il dott. Luigi Pivotti e il sig. Renzo Mazzaro per la collaborazione nella stesura della parte grafica e il sig. Vito Sabia per l'aiuto nelle operazioni sul campo.

Bibliografia

BARILLARI A., BIANCHI F., BOLDRIN F., CIOCE A., COMASCHI SCARAMUZZA A., RABITTI S., SOCAL G., 1985 - Variazioni dei parametri idrologici, del particolato e della biomassa planctonica durante un ciclo tidale nella Laguna di Venezia. *Atti VI° Conge A.I.O.L.*, Livorno: 227-234.

- BIANCHI F., ACRI F., ALBERIGHI L., BASTIANINI M., BOLDRIN B., CAVALLONI B., CIOCE F., COMASCHI A., RABITTI S., SOCAL G., TURCHETTO M.M., 1999-Biological variability in the Venice Lagoon. In: P. Lasserre and A. Marzollo (ed.), The Venice Lagoon Ecosystem. Inputs and Interactions between Land and Sea. *Parthenon Publishing Press*, Paris: 97-125.
- BRUNETTI R., CANZONIER W.J., 1973 - Physico-chemical observations on the waters of the southern basin of the Laguna Veneta from 1971 to 1973. *Atti Ist. Ven. Sci., Lett. ed Arti*, 131: 503-523.
- BRUNETTI R., MENIN F., CANZONIER W.J., 1977 - Physico-chemical parameters of the waters of the lower basin of the Laguna Veneta. 1973-1974. *Riv. Idrobiol.*, 16: 173-197.
- BRUNETTI R., MARIN M., BEGHI L., BRESSAN M., 1983 - Study of the pollution in the Venetian lagoon's lower basin during the period 1974-1983. *Riv. Idrobiol.*, 22: 7-58.
- CHRÉTIENNOT-DINET M.-J., 1990 - Atlas du phytoplancton marin. Vol. 3: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées, Tribophycées. *Ed. CNRS*, Paris, 261 pp.
- D'ANCONA U., BATTAGLIA B., 1962 - Le lagune salmastre dell'Alto Adriatico, ambiente di popolamento e di selezione. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 32: 315-335.
- DODGE J.D., 1982 - Marine Dinoflagellates of the British Isles. *HMSO*, London, 303 pp.
- FAGANELLI A., 1954 - Il trofismo della Laguna Veneta e la vivificazione marina. I. Ricerche idrografiche. *Archo Oceanogr Limnol.*, 9: 19-112.
- LUND J.W.G., KIPLING C., LE CREN E.D., 1958 - The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiol.*, 11: 143-177.
- MARCHESONI V., 1954 - II trofismo della Laguna Veneta e la vivificazione marina. 111 - Ricerche sulle variazioni quantitative del fitoplancton. *Archo Oceanogr Limnol.*, 9: 153-285.
- MOSCHIN E., MORO I., 1996-Osservazioni morfologiche su *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve in un fenomeno di fioritura nella laguna di Venezia. *Boll. Mus civ. St. nat. Venezia*, 45 (1994): 211-220.
- MOZZI C., 1958 - Alotermogramma delle acque della Laguna di Venezia. *Atti Ist. Ven. Sci., Lett. ed Arti*, 116: 193-202.
- MOZZI C., 1959 - Osservazioni sull'andamento della temperatura e della salinità delle acque lagunari di Chioggia in rapporto alle fasi lunari durante il 1957. *Atti Ist. Ven. Sci., Lett. ed Arti*, 117: 27-37.
- RICARD M., 1987 - Atlas du phytoplancton marin. Vol. 2: Diatomophycées. *Ed. CNRS*, Paris, 297 pp.
- SACCHI C.F., 1995 - Le lagune costiere come ambienti di transizione. *SITE. Atti*, 16: 149-154.
- SOCAL G., 1981 - Nota sulla distribuzione quantitativa del fitoplancton nel bacino settentrionale della laguna di Venezia. Giugno 1977-Giugno 1978. *Ist. Ven. Sci., Lett. ed Arti, Rapporti e Studi*, 8: 105-119.
- SOCAL G., GHETTI L., BOLDRIN A., BIANCHI F., 1985 - Ciclo annuale e diversità del fitoplancton nel Porto-Canale di Malamocco (Laguna di Venezia). *Atti Ist. Ven. Sci., Lett. ed Arti*, 143: 15-30.
- SOCAL G., BIANCHI F., COMASCHI SCARAMUZZA A., CIOCE F., 1987 - Spatial distribution of plankton communities along a salinity gradient in the Venice lagoon. *Archo Oceanogr Limnol.*, 21:19-43.
- SOURNIA A., 1986 - Atlas du phytoplancton marin. Vol. 1: Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées, Raphidophycées. *Ed. CNRS*, Paris, 219 pp.
- TOLOMIO C., 1976a - Problematica e dinamica del fitoplancton nelle acque salmastre_ *Archo Oceanogr. Limnol.*, 18 suppl.: 343-356.
- TOLOMIO C., 1976b-Variazioni stagionali e stazionali del fitoplancton nella Laguna di Marano (Udine). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 40: 133-237.
- TOLOMIO C., 1978 - Catalogo delle Diatomee e delle Peridinee più significative segnalate nelle acque salmastre italiane. *Mem. Biol. Mar e Oceanogr.*, 8: 129-150.
- TOLOMIO C., 1982-- Ricerche sul fitoplancton e su alcuni fattori ambientali nella Laguna di Grado (Gorizia). *Riv. Idrobiol.*, 21: 75-96.
- TOLOMIO C., 1988 - Contribution à la connaissance des communautés phytoplanctoniques estivales dans les estuaires de quelques fleuves de la Mer Adriatique septentrionale. *Acta Adriat.*, 29: 105-131.
- TOLOMIO C., 1993 - Courants de marée et communautés phytoplanctoniques du Canale delle Trezze (Lagune de Venise). *Vie Milieu*, 43: 13-26.
- TOLOMIO C., ANDREOLI C., 1989 - Recherches sur le periphyton à Diatomées dans un vivier de la Lagune de Venise (mai 1984-mai 1985). *Diatom Res.*, 4: 151-162.
- TOLOMIO C., ANDREOLI C., AVIGNONE M.T., 1991 - Contribution à la connaissance du periphyton diatomique des eaux saumâtres de la Valle Sparesera (Suite). *Diatom Res.*, 6: 391-399.

- TOLOMIO C., ANDREOLIC., MORO I., SCARABEL L.R., MOSCHIN E., MASIERO L., 1996 - Communautés phytoplanctoniques dans le bassin méridional de la Lagune de Venise (février 1991-janvier 1993). *Marine Life*, 6: 3-14.
- TOLOMIO C., MORO I., MOSCHIN E., VALANDRO A., 1999a - Résultats préliminaires sur les Diatomées benthiques de substrats meubles dans la Lagune de Venise, Italie (mars 1994-janvier 1995). *Diatom Res.*, 14 (2): 367-379.
- TOLOMIO C., MOSCHIN E., 1995 - Y a-t-il des microalgues nuisibles dans la Lagune de Venise? (Période des observations: 1988-1993). *Marine Life*, 5: 3-9.
- TOLOMIO C., MOSCHIN E., MORO I., ANDREOLIC., 1999b - Phytoplancton de la Lagune de Venise. I. Bassins nord et sud (avril 1988-mars 1989). *Vie Milieu*, 49: 33-44.
- TRAVERS M., 1973 - Le microplancton du Golfe de Marseille: variations de la composition systématique et de la densité des populations. *Téthys*, 5: 31-53.
- UTERMÖHL H., 1958 - Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.
- VAN LANGINOHAM S.L., 1967-1979 - Catalogue of the fossil and recent genera and species Diatoms and their synonyms. *Verlag Von J. Cramer, Lehre*, 1-8: 4654 pp.
- VOLTOLINA D., 1973 - Phytoplankton concentrations in the Malamocco Channel of the lagoon of Venice. *Archo Ocenogr Limnol.*, 18: 1-18.
- VOLTOLINA D., 1975 - The phytoplankton of the Lagoon of Venice: November 1971-November 1972. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 39: 206-340.
- WILLEN E., 1976 - A simplified method of phytoplankton counting. *Br Phycol.*, 11: 265-278.
- ZANON V., 1938 - Le alghe della Laguna di Venezia. Sez. II: Bacillariae. In: *La Laguna di Venezia (Monografia)*, Tip. C. Ferrari, Venezia, 551 pp.

Indirizzo degli autori:

Claudio Tolomio e Lucio Bullo
Dipartimento di Biologia Università
degli Studi di Padova