

*Omaggio a G. E. Hutchinson*

Naturalista sicil., S. IV, XIV (suppl.), 1990, pp. 35-48

ROSSELLA BARONE E LUIGI NASELLI FLORES

OSSERVAZIONI SULLE COMUNITA' PLANCTONICHE  
DEI LAGHI ARTIFICIALI SICILIANI:  
RELAZIONI DIVERSITA'-BIOMASSA

RIASSUNTO

Le comunità planctoniche di 21 laghi artificiali siciliani sono state analizzate al fine di rilevarne alcune caratteristiche complessive. I campionamenti sono stati effettuati nell'ambito di quattro campagne (I-IV) nei periodi pressoché corrispondenti alle principali fasi idrologiche dei laghi esaminati. Il conteggio fitoplanctonico è stato effettuato con il metodo di Utermöhl e la biomassa è stata calcolata, come peso fresco, utilizzando i valori di biovolume ottenuti assimilando le specie ad appropriate figure geometriche. Lo zooplancton è stato enumerato conteggiando tutti gli organismi presenti in un subcampione corrispondente al 10% del volume iniziale; la biomassa è stata rilevata, come peso fresco, adottando i valori di biovolume medio specifico riportati in letteratura. In particolare è stata stimata la diversità delle comunità, sia fitoplanctoniche che zooplanctoniche, mediante l'indice di Shannon-Wiener applicato ai valori di biomassa delle singole specie. I valori ottenuti sono stati correlati sia con la biomassa fitoplanctonica che con la biomassa zooplanctonica. La distribuzione degli organismi fitoplanctonici dominanti, discriminati sia tassonomicamente che dimensionalmente, evidenzia un carattere ciclico; in particolare si manifesta la prevalenza di piccole forme nella I e nella IV campagna e di forme più grandi nella II e nella III. La peculiare distribuzione temporale lascia supporre che nei laghi artificiali siciliani la variabile ambientale più influente sulla periodicità della composizione del fitoplancton sia riconducibile ad un modello di afflusso-deflusso. Anche la distribuzione degli organismi zooplanctonici dominanti, discriminati secondo le differenti strategie di cattura del cibo, evidenzia un carattere ciclico; in particolare si manifesta la prevalenza di piccoli erbivori nella I e nella III campagna e di grandi filtratori nella II e nella IV. Il ruolo significativo dei grandi erbivori nella II campagna lascia supporre una contenuta predazione da parte dei pesci planctofagi. Dall'analisi statistica è emerso che la diversità del fitoplancton è inversamente correlata sia con la biomassa fitoplanctonica che con la biomassa

zooplanctonica. Assimilando la biomassa fitoplanctonica e quella zooplanctonica, rispettivamente, ad indicatori di trofismo e di pressione di « grazing », si può ipotizzare una tendenza della comunità fitoplanctonica a manifestare una maggiore complessità strutturale in condizioni di più basso grado di trofia e di minore pressione di « grazing ». L'indice di diversità dello zooplancton non evidenzia alcuna correlazione significativa con la biomassa fitoplanctonica e pertanto si può supporre che la complessità strutturale della comunità zooplanctonica non sia particolarmente influenzata dal grado di trofia lacustre.

#### SUMMARY

*Observations on plankton communities of sicilian dam reservoirs: diversity-biomass relationships.* Plankton communities structure in 21 dam reservoirs of Sicily have been examined. Four plankton samples (I-IV) were taken, in every lake, in the periods almost corresponding to the principal hydrological stages of examined reservoirs. Phytoplankton were enumerated by Utermöhl method and wet weight biomass was calculated from recorded abundance, using biovolume estimates based on simple geometric solids. Zooplankton were enumerated using a grooved tray; all the organisms in a subsample, equal to 10% of each sample, were counted and wet weight biomass was calculated from recorded abundance using published mean values of biovolume. Phytoplankton and zooplankton diversity were calculated according to Shannon-Wiener's index, using biomass values. Dominant phytoplankters distribution show a cyclic trend characterized by alternation of small (I and IV) and large (II and III) specimens; the peculiar distribution suggests a succession pattern based on a inflow-outflow model. Also dominant zooplankters distribution show a cyclic trend with the alternance of small (I and III) and large (II and IV) herbivores; the prevalence of large herbivores in the warmest period (II) lead us to suppose a low predation pressure by planktofagous fishes. Correlation analyses show phytoplankton diversity decreasing with both phytoplankton and zooplankton biomass, whereas zooplankton diversity index doesn't show significant correlation with phytoplankton biomass. Assuming phytoplankton and zooplankton biomass, respectively, as trophism and grazing pressure indices, it's possible to suppose a decreasing phytoplankton structural complexity trend with increasing both trophism and grazing. The structural complexity of zooplankton, besides, doesn't seem particularly affected by trophism.

#### INTRODUZIONE

Nella maggior parte delle comunità pelagiche l'instabilità, inerente all'ambiente acquatico, determina un'organizzazione dominata da processi a « piccola scala » in cui valori intermedi di frequenza delle fluttuazioni ambientali « allogeniche » contribuiscono al mantenimento di un gran numero di specie coesistenti ed all'apparente violazione del principio di esclusione competitiva di HARDIN (1960) definita da HUTCHINSON (1961) come « paradosso del plancton ». A queste osservazioni REYNOLDS (1987, 1988) giunge partendo dall'analisi di numerose evidenze sperimentali e, riprendendo ipotesi già formulate da HUTCHINSON (1967) e da RICHESON *et al.* (1970), tenta una spiegazione del paradosso del plancton che presenta so-

stanziali analogie con l'ipotesi del disturbo intermedio di CONNELL (1978); in particolare, pur sottolineando che la diversità fitoplanctonica è essenzialmente correlata con il numero e la persistenza delle micronicchie coesistenti, l'Autore sostiene che le fluttuazioni allogeniche, nella maggior parte degli ecosistemi lentici, si verificano con frequenze che variano da alcune ore a pochi giorni, pertanto su scala di generazione algale, facendo sì che il vantaggio selettivo si alterni da una specie all'altra prima che si abbia scomparsa di specie per esclusione competitiva.

La diversità fitoplanctonica, ad un certo stadio della successione, deve essere pertanto considerata espressione di interazioni fra dinamiche autogeniche di equilibrio e reazioni di non equilibrio dovute alla variabilità ambientale allogenica (HARRIS, 1986).

Sul significato degli indici di diversità come parametri di organizzazione e complessità delle comunità planctoniche esiste una vasta letteratura (p. es. MARGALEF, 1962, 1968, 1981; PERTTI, 1976; SOMMER et al., 1986; REYNOLDS, 1987; FERRARI & CECCHERELLI, 1987; AMBLARD, 1988; PIETERSEE & VAN ZYL, 1988). Nei lavori più recenti tende a prevalere un atteggiamento di grande cautela verso un uso non controllato di tali indici. È innegabile peraltro il vantaggio di disporre di dati che offrano una rappresentazione sintetica del complesso di informazioni sulla struttura di una comunità.

Nell'ambito del nostro studio è stato calcolato l'indice di diversità specifica delle comunità planctoniche di 21 laghi artificiali siciliani, principalmente allo scopo di evidenziare, attraverso l'analisi di correlazione, la relazione tra diversità e biomassa delle comunità indagate.

#### CARATTERISTICHE GENERALI DEI LAGHI

Un'indagine limnologica è stata condotta dal Laboratorio di Ecologia Acquatica del Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università di Palermo, per conto dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, su 31 corpi idrici censiti dalla Regione Siciliana nel quadro del Piano Regionale di Risanamento delle Acque (AA.VV., in stampa). I 21 laghi presi in esame nel presente lavoro rientrano nel contesto di tale indagine.

Gli invasi, realizzati mediante sbarramento di corsi d'acqua naturali, sono prevalentemente distribuiti nella Sicilia occidentale (Fig. 1). Le acque raccolte sono principalmente adibite ad uso irriguo e potabile.

La maggior parte dei corpi idrici manifesta un elevato carico di fosforo, imputabile perlopiù ai reflui dei centri urbani gravitanti nei bacini imbriferi (BARONE et al., 1986).



Fig. 1 — Ubicazione dei laghi esaminati.  
Location of the study reservoirs.

In Tabella 1 vengono riportate le principali caratteristiche morfometriche dei laghi, ordinati secondo un gradiente (decescente) di stato trofico (BARONE *et al.*, in stampa).

Le peculiari caratteristiche climatiche insulari ed i sistemi generali di utilizzo delle acque invasate permettono di schematizzare un modello complessivo del regime idrologico che evidenzia quattro fasi principali così caratterizzate:

Aprile-Maggio: discrete precipitazioni, bocche di presa poco attive, laghi al massimo invaso;

Giugno-Settembre: scarse precipitazioni, volumi lacustri in rapida contrazione per la notevole attività delle bocche di presa e per l'intensa evaporazione;

Ottobre-Dicembre: scarse precipitazioni, laghi al minimo invaso, bocche di presa inattive;

Gennaio-Marzo: abbondanti precipitazioni, volumi lacustri in rapido aumento, bocche di presa poco attive.

#### MATERIALI E METODI

I campionamenti sono stati effettuati in un'unica stazione, sita al centro di ciascun corpo idrico, nell'ambito di quattro campagne distribuite in un arco annuale (1987-'88) nei periodi corrispondenti alle quattro fasi

Tabella 1

*Principali caratteristiche morfometriche dei laghi esaminati.*

*Sb = superficie del bacino imbrifero compresa l'area del lago;*

*A = area; V = volume; z max = profondità massima;  $\bar{z}$  = profondità media.*

*I valori dei parametri A, V, z max e  $\bar{z}$ , corrispondono ai dati di progetto e si riferiscono al massimo invaso*

*Main morphometric characteristics of Sicilian reservoirs.*

*Sb = catchment area including the reservoir; A = area; V = volume;*

*z max = maximum depth;  $\bar{z}$  = average depth.*

*Values of parameters A, V, z max and  $\bar{z}$  refer to maximum area of the reservoir*

LAGHI	Sb Km <sup>2</sup>	A m <sup>2</sup> × 10 <sup>6</sup>	V m <sup>3</sup> × 10 <sup>6</sup>	z max m	$\bar{z}$ m
1 Ancipa	99	1.1	20	70	18
2 Fanaco	56	1.5	24	48	16
3 Poma	164	6.1	78	47	13
4 Garcia	378	5.9	60	43	10
5 Prizzi	30	0.9	9	46	10
6 Dirillo	118	1.1	24	46	22
7 Nicoletti	62	1.8	23	39	13
8 Olivo	60	1.1	10	45	9
9 Santa Rosalia	98	1.3	20	39	23
10 Cimia	110	0.9	11	31	12
11 Trinità	200	2.4	20	22	8
12 Pozzillo	577	7.7	154	52	20
13 Rubino	76	1.3	20	39	10
14 Piano del Leone	22	0.6	5	29	8
15 Piana degli Albanesi	41	3.1	33	36	11
16 Castello	81	1.8	18	41	10
17 Villarosa	102	1.3	17	30	13
18 Scanzano	71	1.7	20	33	12
19 San Giovanni	80	2.3	15	30	6
20 Gammata	69	0.3	2	27	7
21 Arancio	205	3.7	39	30	10

del regime idrologico precedentemente evidenziate. In particolare la prima campagna (I) è stata condotta in Maggio, la seconda (II) in Settembre, la terza (III) in Dicembre e la quarta (IV) in Marzo.

I campioni di fitoplancton, prelevati mediante una bottiglia a chiusura automatica tipo « Van Dorn » immersa a profondità standard nella zona eufotica, sono stati immediatamente fissati con Lugol acetico. Il conteggio delle cellule è stato eseguito con il metodo di UTERMÖHL (1931).

La biomassa è stata stimata mediante il calcolo del biovolume assimilando le specie ad appropriate figure geometriche (ROTT, 1981). I valori rilevati sono poi stati integrati nella colonna d'acqua di campionamento al fine di ottenere le densità medie nella zona eufotica.

I campioni di zooplankton sono stati raccolti eseguendo due o tre pescate verticali, dal fondo alla superficie, mediante due retini conici con apertura di maglie rispettivamente di 75  $\mu\text{m}$  e di 125  $\mu\text{m}$  (BONACINA & DE BERNARDI, 1978). I campioni sono stati successivamente concentrati su un filtro di garza, con apertura di maglie pari a 60  $\mu\text{m}$ , e fissati in etanolo al 95%. La densità è stata stimata su un subcampione, equivalente al 10% del volume iniziale, conteggiando tutti gli individui presenti. La biomassa è stata calcolata sulla base dei valori medi di biovolume specifico riportati in letteratura (NAUWERCK, 1963; DE BERNARDI, 1974).

La diversità specifica è stata calcolata, su dati di biomassa delle singole specie, adottando l'indice di Shannon-Wiener (SHANNON & WEAVER, 1949):  $\bar{H} = - \sum P_i \log_2 P_i$  dove  $P_i$  è l'importanza relativa di ciascuna specie.

Nelle analisi di correlazione i valori di biomassa (BARONE *et al.*, in stampa) sono stati preliminarmente sottoposti a trasformazione logaritmica (PREPAS, 1984).

## RISULTATI

Al fine di caratterizzare le comunità fitoplanctoniche, si è proceduto ad una classificazione delle forme sia su base tassonomica che su base dimensionale ( $<$  e  $>$  30 $\mu\text{m}$ ), in accordo con SOMMER (1987) che ha recentemente evidenziato un sistema integrato di classificazione del fitoplancton.

La distribuzione dei taxa fitoplanctonici dominanti (Fig. 2), rilevati dai valori di biomassa, evidenzia, nel suo complesso, un carattere ciclico. La maggior parte dei laghi, infatti, manifesta nella I e IV campagna la dominanza delle specie di piccola taglia, ascrivibili prevalentemente alle Diatomee (p. es. *Cyclotella* spp., *Stephanodiscus* spp.) ed alle Criptofitee (p. es. *Rhodomonas minuta* Skuja var. *nannoplanctica* Skuja, *Cryptomonas* spp.), e nella II e III la preponderanza di specie di maggiori dimensioni, attribuibili per lo più alle Clorofitee (p. es. *Closterium* spp., *Pediastrum* spp.) ed alle Dinofitee (p. es. *Ceratium hirundinella* (Müller) Schrank, *Peridinium* spp.). Le Cianofitee (p. es. *Anabaena* spp., *Planktothrix* spp., *Microcystis* spp.) e le Euglenofitee (p. es. *Euglena* spp.) assumono rilevante incidenza nella II e III campagna; in particolare le prime sono fortemente rappresentate nei laghi più eutrofici (BARONE & NASELLI FLORES, 1989) e le seconde nei corpi idrici assimilabili a stagni durante i periodi di minimo invaso.

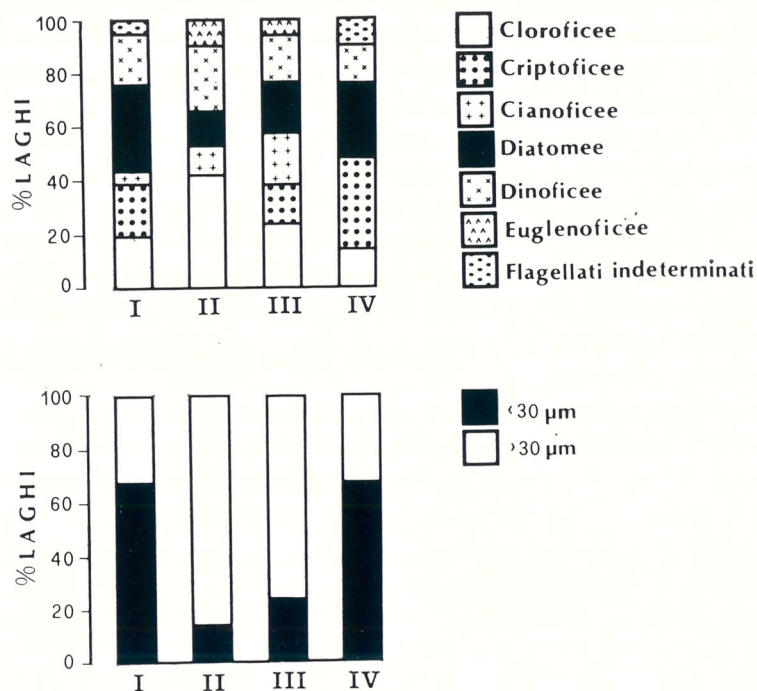


Fig. 2 — Distribuzione degli organismi fitoplanctonici dominanti in termini di biomassa  
*Distribution of dominant phytoplankton taxa (biomass).*

Adottando il concetto di *r* e *K* selezione (MACARTHUR & WILSON, 1967), recentemente applicato al fitoplancton (KILHAM & KILHAM, 1980; SMAYDA, 1980; SOMMER, 1981; REYNOLDS, 1984; HARRIS, 1986), ed assimilando gli organismi più piccoli a specie a strategia *r* (CARNEY & GOLDMAN, 1988), è possibile evidenziare la notevole importanza che specie pioniere e opportuniste assumono nei periodi dell'anno caratterizzati dalla prevalenza di afflussi, come del resto già rilevato in altri ambienti lacustri da SOMMER *et al.* (1986).

Al fine di caratterizzare le comunità zooplanctoniche gli organismi dominanti, evidenziati dai valori di biomassa, sono stati discriminati sia tassonomicamente che secondo le differenti strategie di cattura del cibo (CARPENTER *et al.*, 1985), distinguendo pertanto i filtratori o « erbivori » (Cladoceri, Copepodi Calanoidi e Rotiferi con l'esclusione del genere *Asplanchna*) dai predatori o « non erbivori » (Copepodi Ciclopoidi e *Asplanchna*); un'ulteriore suddivisione è stata operata in grandi filtratori (> 0,85 mm) e piccoli filtratori (< 0,85 mm) (SOMMER *et al.*, 1986; CAMPBELL & KNOEHEL, 1988).

La distribuzione dei gruppi zooplanctonici (Fig. 3) mostra, nella maggior parte dei laghi ed in tutte le campagne, il ruolo dominante dei Cladoceri. Nella I e III campagna si evidenzia più comunemente la dominanza di piccoli filtratori a rapida crescita (p. es. *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), *Ceriodaphnia* spp.) mentre nella II e IV si osserva la prevalenza di specie di maggiori dimensioni (p. es. *Copidodiaptomus numidicus* (Gurney), *Daphnia* spp., *Diaphanosoma leuchttembergianum* Fischer), più efficienti nel procurarsi l'alimento. I Copepodi predatori assumono un ruolo nella IV campagna, quando peraltro si rilevano i più bassi valori di temperatura. I Rotiferi non si impongono in nessun caso come gruppo dominante in termini di biomassa.

I valori dell'indice di diversità specifica delle comunità fitoplanctoniche (Tab. 2), pur non segnalando un netto trend temporale, tendono ad ordinarsi secondo lo stato trofico dei laghi. In particolare l'analisi ha evidenziato un coefficiente di correlazione significativo fra i valori dell'indice e quelli di biomassa fitoplanctonica sia prendendo in considerazione l'insie-

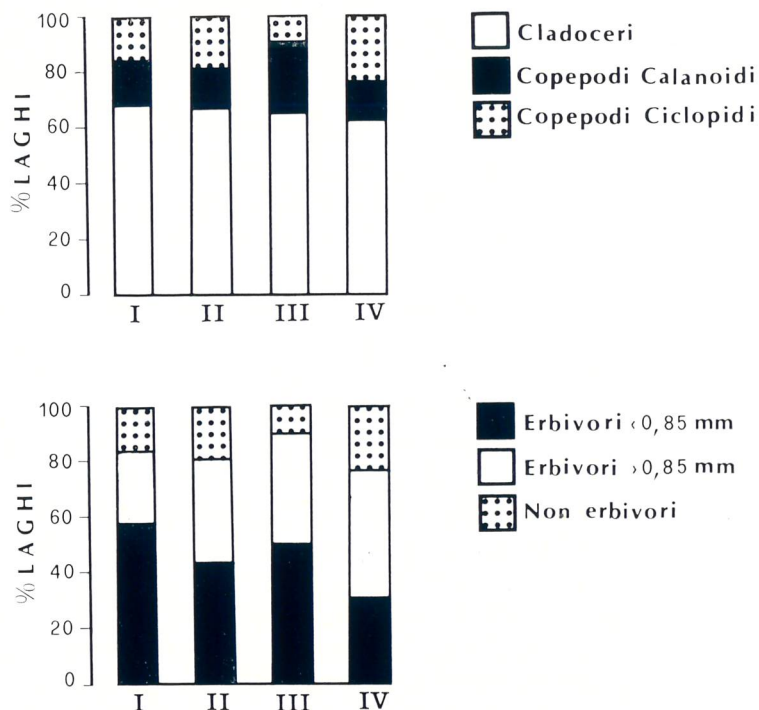


Fig. 3 — Distribuzione degli organismi zooplanctonici dominanti in termini di biomassa. Distribution of dominant zooplankton taxa (biomass).



Tabella 2

Valori dell'indice di diversità specifica delle comunità fitoplanctoniche.

*M* = valori medi annuali

*Shannon diversity values of phytoplankton communities.*

*M* = average annual values. I, II, III and IV are the different sample-periods

LAGHI	I	II	III	IV	M
1 Ancipa	1.37	1.99	1.49	2.06	1.73
2 Fanaco	1.95	1.59	3.06	1.70	2.08
3 Poma	2.21	2.70	2.77	2.93	2.65
4 Garcia	1.90	2.94	1.83	2.40	2.27
5 Prizzi	0.89	2.57	2.94	0.97	1.84
6 Dirillo	2.45	1.95	3.06	3.02	2.62
7 Nicoletti	2.77	1.51	1.31	2.35	1.98
8 Olivo	2.24	2.34	2.48	2.60	2.42
9 Santa Rosalia	1.41	2.66	2.96	2.86	2.47
10 Cimia	1.60	0.26	0.35	1.49	0.92
11 Trinità	1.89	1.88	1.80	1.12	1.67
12 Pozzillo	0.84	2.86	0.81	2.50	1.75
13 Rubino	2.45	2.50	1.63	1.01	1.90
14 Piana del Leone	1.33	1.17	2.42	2.15	1.77
15 Piana degli Albanesi	2.15	2.38	2.05	2.12	2.22
16 Castello	2.22	2.09	1.01	1.43	1.69
17 Villarosa	1.20	2.77	1.17	1.76	1.72
18 Scanzano	1.75	2.45	2.19	1.07	1.86
19 San Giovanni	1.90	2.01	1.95	1.63	1.87
20 Gammauta	0.17	2.41	1.62	2.38	1.64
21 Arancio	1.24	2.58	0.32	2.02	1.54

me dei dati che i valori medi annuali delle due variabili (Tab. 3). Il segno negativo esprime la tendenza della comunità fitoplanctonica a manifestare una maggiore complessità strutturale in condizioni di più basso grado di trofia.

Gli indici di diversità del fitoplancton sono inversamente correlati con le biomasse dello zooplancton (Tab. 3). Può essere ipotizzata una tendenza della comunità fitoplanctonica a ridurre la sua complessità strutturale in relazione ad una più intensa pressione di grazing.

L'indice di diversità specifica delle comunità zooplanctoniche (Tab. 4) non è significativamente correlato con la biomassa fitoplanctonica (Tab. 3); esiste peraltro una correlazione significativa diretta fra biomassa del fitoplancton e biomassa dello zooplancton (BARONE *et al.*, 1990).

Tabella 3

*Risultati delle analisi di correlazione.*

*BF e BZ = biomassa fitoplanctonica e zooplanctonica; BMF e BZM = valori medi annuali;*

*$\bar{H}BF$  e  $\bar{H}BZ$  = indice di diversità specifica del fitoplancton e dello zooplancton;*

*$\bar{H}BFM$  e  $\bar{H}BZM$  = valori medi annuali*

*Correlation between pairs of parameters.*

*BF and BZ = Phytoplankton and zooplankton biomass;*

*BFM and BZM = average annual values of phytoplankton and zooplankton biomass;*

*$\bar{H}BF$  and  $\bar{H}BZ$  = Shannon diversity calculated from phyto- and zooplankton species;*

*$\bar{H}BFM$  and  $\bar{H}BZM$  = average annual values of Shannon diversity*

Variabili		n	r	P
$\bar{H}BF$	BF	84	- 0.218	0.047
BF	$\bar{H}BZM$	21	- 0.485	0.026
$\bar{H}BFM$	BFM	81	0.044	0.694
BFM	$\bar{H}BF$	18	0.263	0.292
$\bar{H}BZ$	BZ	81	- 0.319	0.004

Tabella 4

*Valori dell'indice di diversità specifica delle comunità zooplanctoniche.*

*M = valori medi annuali*

*Shannon diversity values of zooplankton communities. M = average annual values.*

*I, II, III and IV are the different sample-periods*

LAGHI	I	II	III	IV	M
1 Ancipa	1.57	1.36	—	1.59	1.51
2 Fanaco	1.33	0.97	0.06	1.04	0.85
3 Poma	—	1.90	2.06	0.43	1.46
4 Garcia	1.10	0.91	0.48	1.41	0.98
5 Prizzi	0.10	1.02	1.49	0.10	0.68
6 Dirillo	0.71	1.44	2.09	1.49	1.43
7 Nicoletti	0.42	1.79	1.63	1.57	1.35
8 Olivo	0.52	1.23	0.23	0.19	0.54
9 Santa Rosalia	1.63	1.77	1.96	1.18	1.64
10 Cimia	2.22	1.02	1.36	0.06	1.16
11 Trinità	0.52	1.44	0.03	0.01	0.50
12 Pozzillo	1.15	1.41	2.02	1.80	1.60
13 Rubino	—	0.97	1.30	1.62	1.30
14 Piano del Leone	0.68	1.23	2.01	1.69	1.40
15 Piana degli Albanesi	2.16	1.99	1.49	1.98	1.90
16 Castello	1.05	0.50	1.82	2.11	1.37
17 Villarosa	1.38	1.33	2.19	1.79	1.67
18 Scanzano	1.79	1.96	1.53	1.44	1.68
19 San Giovanni	1.60	0.98	0.91	1.88	1.34
20 Gammauta	0.38	1.70	2.37	0.56	1.25
21 Arancio	1.07	1.73	1.86	1.43	1.52

## CONCLUSIONI

La distribuzione dei taxa dominanti del fitoplancton lascia supporre che nei laghi artificiali siciliani la variabile ambientale più influente sulla periodicità della composizione di questa comunità non sia riconducibile al modello stratificazione-circolazione, come comunemente si osserva negli ecosistemi lentici (SOMMER, 1987), bensì ad un modello di afflusso-deflusso. Infatti, sebbene condizioni di stratificazione termica si verificano nelle prime due campagne, le maggiori analogie di struttura del popolamento si riscontrano fra la I e la IV campagna, caratterizzate dai massimi livelli di invasione, e fra la II e la III, quando l'invasione è al livello più basso.

Una conferma a tale ipotesi è fornita dalle sequenze temporali dei popolamenti fitoplanctonici rilevate con frequenza mensile di campionamento in alcuni invasi della Sicilia nord-occidentale (OLIVERI *et al.*, 1982; BARONE, 1983; CALVO *et al.*, 1984).

Il carattere eutrofico della maggior parte dei laghi esaminati (AA. VV., in stampa; BARONE *et al.*, in stampa) trova rispondenza nella frequente dominanza di piccole Diatomee centriche e Criptoficee (SOMMER, 1987) e nella composizione per classi dimensionali del fitoplancton che si caratterizza per il pronunciato alternarsi della dominanza di forme piccole e di forme di taglia più grande (SOMMER *et al.*, 1986).

Anche le comunità zooplanctoniche peraltro manifestano, pur con minore rilievo, un'avvicendamento di dominanza da piccoli a grandi erbivori; in particolare il ruolo significativo dei grandi erbivori nella II campagna lascia supporre una contenuta predazione da parte dei pesci planctofagi.

I risultati delle analisi di correlazione offrono un'ulteriore conferma all'assunto che laghi più eutrofici, generalmente caratterizzati da elevate biomasse fitoplanctoniche, evidenzino bassi indici di diversità specifica del fitoplancton (MARGALEF, 1968; PETERSEN, 1975; HAJDU, 1977; WETZEL, 1983; SOMMER *et al.*, 1986; AMBLARD, 1988). La complessità strutturale dello zooplancton, al contrario, non sembra significativamente associata al grado di trofia.

La relazione inversa fra biomassa dello zooplancton e diversità fitoplanctonica induce a considerare con attenzione il problema degli effetti del grazing sulla complessità strutturale del fitoplancton. Indicazioni di un certo interesse potrebbero essere fornite, a tale riguardo, da un'analisi dettagliata su diversità e biomassa delle diverse componenti dimensionali e trofiche sia del fitoplancton (alghe edibili e non) sia dello zooplancton (piccoli e grandi filtratori).

*Ringraziamenti.* — Siamo grati al Prof. Ireneo Ferrari per i suoi preziosi suggerimenti e per la revisione critica del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., in stampa — Indagine sullo stato trofico dei laghi siciliani finalizzata alla loro caratterizzazione trofica, alla elaborazione di piani di risanamento ed alla indicazione di linee generali per una razionale utilizzazione delle acque.
- AMBLARD C., 1988 — Seasonal succession and strategies of phytoplankton development in two lakes of different trophic states. — *J. Plankton Res.*, 10 (6), 1189-1208.
- BARONE R., 1983 — Il fitoplancton e lo stato trofico del lago Poma. — *Atti 5° Congresso A.I.O.L.*, Pallanza, 77-187.
- BARONE R., 1985 — Fitoplancton e stato trofico del lago di Piana degli Albanesi. — *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania*, 18, 485-498.
- BARONE R., FRADÀ ORESTANO C., CALVO S. & GENCHI G., 1986 — Indagine conoscitiva sui laghi artificiali siciliani. I. Stime previsionali del livello trofico. — *Atti 7° Congresso A.I.O.L.*, Trieste, 133-144.
- BARONE R. & NASELLI FLORES L., 1989 — Cianofitiche planctoniche dei laghi siciliani: osservazioni preliminari. — *Giorn. Bot. Ital.*, 123 Suppl. 1, 74.
- BARONE R., NASELLI FLORES L. & CALVO S., 1990 — Plankton communities in the artificial lakes of Sicily (Italy). — *Verb. Internat. Verein. Limnol.*
- BONACINA C. & DE BERNARDI R., 1978 — Struttura di comunità e parametri demografici del popolamento zooplanctonico. In: AA. VV., Il lago di Pietra del Pertusillo: definizione delle sue caratteristiche limno-ecologiche. — *Istituto Italiano di Idrobiologia*, Pallanza, 101-131.
- CALVO S., BARONE R. & GENCHI G., 1984 — Lo stato trofico del lago Scanzano. — *Atti 6° Congresso A.I.O.L.*, Livorno, 249-256.
- CAMPBELL C. E. & KNOECHEL R., 1988 — Zooplankton communities and trophic structures of lakes on the Avalon peninsula, Newfoundland, Canada. — *Verb. Internat. Verein. Limnol.*, 23, 297-305.
- CARNEY H. J. & GOLDMAN C. R., 1988 — Seasonal phytoplankton r- and K- selection in oligotrophic Lake Tahoe. — *Verb. Internat. Verein. Limnol.*, 23, 672-676.
- CARPENTER S. R., KITCHELL J. F. & HODGSON J. R., 1985 — Cascading trophic interactions and lake productivity. — *Bioscience*, 10, (35), 634-639.
- CONNELL J. H., 1978 — Diversity in tropical rain forests and coral reefs. — *Science*, 199, 1302-1310.
- DE BERNARDI R., 1974 — *Popolamento zooplanctonico*. In: BARBANTI L., BONACINA C., CALDERONI A., CAROLLO A., DE BERNARDI R., GUILIZZONI P., NOCENTINI A. M., RUGGIU D., SARACENI C. & TONOLLI L., Indagini ecologiche sul lago di Endine. — *Ed. Ist. Ital. Idrobiol.*, Pallanza, 225-259.
- FERRARI I. & CECCHERELLI V. U., 1987 — Ecological succession and evolution of freshwater ecosystems. In: RAVERA O. (Ed.), Ecological Assessment of Environmental Degradation, Pollution and Recovery. — *Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam*, 31-53.
- HAJDU L., 1977 — Algal species diversity in two eutrophic fishponds. Part I. Species-individual level. — *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 23, 77-90.
- HARDIN G., 1960 — The competitive exclusion principle — *Science*, 131, 1292-1297.
- HARRIS G. P., 1986 — Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation. — *Chapman and Hall*, London.
- HUTCHINSON G. E., 1961 — The paradox of the plankton. — *Am. Nat.*, 95, 137-146.

- HUTCHINSON G. E., 1967 — A treatise on limnology, vol. 2: Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. — *Wiley & Sons*, London, 1093 pp.
- KILHAM P. & KILHAM S. S., 1980 — The evolutionary ecology of phytoplankton. In MORRIS I. (Ed.): *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. — *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 571-579.
- MACARTHUR R. H. & WILSON E. O., 1967 — *The Theory of Island Biogeography*. — *Princeton University Press*, Princeton, 208 pp.
- MARGALEF R., 1968 — *Perspectives in Ecological Theory*. — *University of Chicago Press*, Chicago, 112 pp.
- NAUWERCK A., 1963 — Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. — *Symb. Bot. Upsal.*, 17, 1-163.
- OLIVERI R., DI BENEDETTO M., CASUCCIO A., AJELLO M., BARONE R. & CALVO S., 1982 — Indagini ecologiche su due bacini artificiali siciliani: Piana degli Albanesi e Poma. — *Giornale di Igiene e Medicina Preventiva*, 23, 10-41.
- PERTTI E., 1976 — Species Diversity in the phytoplankton of some Finnish lakes. — *Ann. Bot. Fennici*, 13, 42-48.
- PETERSEN R., 1975 — The paradox of the plankton: an equilibrium hypothesis. — *Am. Nat.*, 109, 35-49.
- PIETERSEE A. J. H. & VAN ZYL J. M., 1988 — Observations on the relation between phytoplankton diversity and environmental factors in the Vaal River at Balkfontein, South Africa. — *Hydrobiologia*, 169, 199-207.
- PREPAS E., 1984 — Some statistical methods for the design of experiments and analysis of samples. In: DOWNING J. A. & RIGLER F. H. (Eds.), *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters*. — *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 266-334.
- REYNOLDS C. S., 1984 — *The ecology of freshwater phytoplankton*. — *Cambridge University Press*, London, 384 pp.
- REYNOLDS C. S., 1987 — The response of phytoplankton communities to changing lake environments. — *Schweiz. Z. Hydrol.*, 49, 220-236.
- REYNOLDS C. S., 1988 — The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. — *Ver. Internat. Verein. Limnol.*, 23, 683-691.
- RICHERSON P., ARMSTRONG R. & GOLDMAN C. R., 1970 — Contemporaneous disequilibrium, a new hypothesis to explain the paradox of the plankton. — *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 67, 1710-1714.
- ROTT E., 1981 — Some results from phytoplankton counting intercalibrations. — *Schweiz. Z. Hydrol.*, 43, 34-62.
- SHANNON C. E. & WEAVER W., 1949 — *The Mathematical Theory of Communication*. — *University of Illinois Press*, Urbana, 117 pp.
- SMAYDA T. J., 1980 — Phytoplankton species succession. In: MORRIS I. (Ed.), *The physiological ecology of phytoplankton*. — *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 493-570.
- SOMMER U., 1981 — The role of the r- and K- selection in the succession of phytoplankton in Lake Constance. — *Acta Oecol.*, 2, 327-342.
- SOMMER U., 1987 — Factors controlling the seasonal variation in phytoplankton species composition—A case study for a deep, nutrient rich lake. In: ROUND F. E. & CHAPMAN H. H. (Eds.), *Progress in Phycological Research*. — *Biopress Ltd.*, 5, 123-178.
- SOMMER U., GLIWICZ M., LAMPERT W. & DUNCAN A., 1986 — The PEG-model of sea-

- sonal succession of planktonic events in fresh waters. — *Archiv. f. Hydrobiologie*, 106, 433-471.
- ÜTERMÖHL H., 1931 — Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. — *Verb. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 5, 567-596.
- WETZEL R. G., 1983 — *Limnology*. — *Saunders College*, New York, 743 pp.

*Indirizzo degli autori.* — R. BARONE e L. NASELLI FLORES, Dipartimento di Scienze Botaniche, Via Archirafi, 38 - 90123 Palermo (I).