

Corso di Formazione *Criteri e metodologie per lo studio ed il controllo delle alghe in acque destinate alla potabilizzazione*.  
AGAC - Reggio Emilia, 2-5 giugno 1997.

## Fitoplancton: cenni di sistematica, identificazione e conteggio

Gianmarco Paris<sup>1</sup>

### **Prelievo di campioni di fitoplancton e loro preparazione per il conteggio**

#### STRATEGIE DI CAMPIONAMENTO

Il primo grande problema che si deve affrontare quando si pianifica una campagna di campionamento è l'estrema eterogeneità della distribuzione e dell'abbondanza del fitoplancton e, sostanzialmente, il quesito che ci si pone è *come e quanto* campionare un oggetto di studio costituito da un gruppo di organismi invisibili e in continuo movimento.

I popolamenti planctonici variano infatti sia nel tempo che nello spazio, verticalmente e orizzontalmente. La scala di variazione temporale è strettamente correlata al variare delle condizioni climatiche: ad esempio, un rapido aumento dell'insolazione e della temperatura dell'acqua può portare rapidi e profondi cambiamenti nella struttura e composizione della comunità fitoplanctonica. Anche le variazioni spaziali spesso si rivelano estremamente rapide: in un lago particolarmente esposto all'azione del vento, per esempio, si possono osservare movimenti orizzontali delle masse d'acqua che possono alterare marcatamente la distribuzione degli organismi planctonici, per loro natura così soggetti ai moti di turbolenza. La variabilità nella distribuzione verticale del plancton è pure un fattore molto importante; è ben noto infatti il fenomeno di migrazione verticale del plancton nell'arco delle 24 ore come conseguenza dell'alternanza del giorno e della notte.

Pertanto, il ricercatore che si accinge a studiare il popolamento fitoplanctonico di un corpo d'acqua si trova

immediatamente di fronte al dilemma di elaborare una strategia di campionamento che debba in qualche modo tenere conto delle variazioni spaziali e temporali della distribuzione e dell'abbondanza delle alghe. Benché sia possibile ricorrere a test statistici e piani di campionamento estremamente raffinati, ben di rado è possibile seguire fedelmente un piano di campionamento statisticamente inappuntabile. La necessità di ottenere risultati e informazioni in tempi ragionevoli, senza dedicare eccessive risorse alla fase di campionamento, determina nella maggior parte dei casi l'elaborazione di strategie di campionamento che sono più basate su conoscenze limnologiche di base e molto buon senso, che su complessi scenari di natura numerico-statistica.

In pratica, nella fase iniziale della ricerca che si decide di intraprendere, è buona norma dedicare anche una rilevante quantità di tempo e di lavoro per effettuare indagini preliminari volte alla stima, in un determinato ambiente, della variabilità della comunità fitoplanctonica nel tempo e nello spazio. Un modo abbastanza frequente di procedere in questo senso consiste nella comparazione di campioni raccolti in diversi momenti in un'unica stazione di campionamento e la comparazione di campioni raccolti in intervalli di tempo trascurabili in diverse stazioni di campionamento, non essendo possibile campionare un corpo d'acqua nello stesso istante in differenti stazioni. Questa comparazione fornirà un'idea approssimativa della variabilità spaziale e temporale della comunità oggetto di indagine e consentirà la calibrazione della strategia di campionamento più indicata per proseguire l'indagine limnologica.

Una volta individuata la stazione o le stazioni di campionamento e determinata la frequenza di raccolta dei campioni necessaria, rimane il quesito fondamentale di stabilire il numero di campioni da raccogliere in ciascuna

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli Studi di Parma

stazione per ogni uscita. Questo numero dipende sia dagli scopi dell'indagine stessa che dalla profondità massima dell'acqua in corrispondenza della stazione. Se l'unico scopo dell'indagine è esplorativo, ovvero se si è solamente interessati alla compilazione di una lista di specie, allora la raccolta di uno o due campioni *qualitativi* mediante l'impiego di un retino potrà essere soddisfacente.

Ben di rado però l'unico interesse viene ristretto ad un'indagine che si limiti alla composizione in specie. Nella maggior parte dei casi, infatti, il dato finale che più interessa è la stima quantitativa di densità e biovolume specifico e totale del fitoplancton. In questo caso si rende necessaria la raccolta di un certo numero di campioni *quantitativi*. L'eterogeneità spaziale del fitoplancton lungo la colonna d'acqua rende necessario il prelievo di più campioni lungo il profilo di massima profondità dell'acqua per tenere conto della variabilità della distribuzione verticale degli organismi.

Idealmente si dovrebbe avere una conoscenza dettagliata della batimetria del corpo d'acqua in esame; sulla base delle carte batimetriche, il bacino viene suddiviso in strati orizzontali e si procede alla raccolta di un campione per ognuno degli strati definiti e nella stessa stazione di campionamento. Il conteggio verrà effettuato su ogni campione al fine di determinare, per ogni strato batimetrico, densità e biovolume di ogni singola specie identificata. La superficie e la profondità di ogni strato batimetrico permettono di calcolarne il volume relativo che viene in seguito utilizzato per pesare rispetto al volume i valori di densità e biovolume relativi ad ogni strato. In mancanza della batimetria del bacino, è possibile calcolare medie pesate sulla profondità della stazione di campionamento in maniera del tutto analoga, raccogliendo sempre campioni a diverse profondità, ma pesando l'importanza dei parametri stimati sulle differenze di profondità tra un campione e l'altro. I dati che si ottengono in questo modo alla fine delle operazioni di conteggio consistono in semplici numeri che rappresentano la densità in cellule per litro di ogni specie identificata e riferita all'intero bacino in esame.

Tuttavia, la grande quantità di lavoro richiesta da questa procedura tende a scoraggiare chi deve effettuare i conteggi; si preferisce quindi integrare in laboratorio i campioni raccolti in un unico campione su cui verranno determinate le stime di densità e biovolume. Questa procedura determina un sensibile risparmio di tempo e costi, ma è bene tenere presente che il dato finale sarà ovviamente meno accurato rispetto al dato che si otterrebbe effettuando il conteggio su i singoli campioni. Qualora si decidesse di integrare i campioni raccolti a diverse profondità in un unico campione, è buona norma conservare anche un ridotto volume dei campioni originali nel caso si

dovesse in futuro ricontrollare la validità del conteggio effettuato sul campione integrato.

#### CAMPIONI QUALITATIVI

I campioni qualitativi vengono generalmente raccolti mediante l'impiego di reti libere da plancton, con apertura di maglia che può variare da 5 a 20 mm. La struttura di un retino da plancton è illustrata in Figura 1.

I campioni raccolti con reti libere hanno il pregio di contenere una gran quantità di materiale su cui condurre le indagini tassonomiche preliminari. Un campionamento effettuato con un retino permette infatti di filtrare una grande quantità di acqua concentrando gli organismi fitoplanctonici in un volume ridotto che viene raccolto in un piccolo bicchiere avvitato all'estremità della rete stessa. Il vantaggio consiste nel fatto che gli organismi presenti in natura con densità estremamente contenute, vengono così concentrati nel campione qualitativo con abbondanze decisamente superiori alla loro densità originale, facilitando notevolmente l'identificazione.

L'impiego di retini per la raccolta di campioni quantitativi si è invece dimostrato non affidabile per studi che mirino alla stima numerica della densità delle cellule algali. Studi quantitativi condotti su campioni raccolti con questa procedura, ne hanno dimostrato la scarsa affidabilità in quanto molte specie di piccola taglia riescono a sfuggire attraverso le maglie della rete, anche nel caso in cui le maglie siano particolarmente fini, introducendo così un errore nella procedura di campionamento che porta ad una distorta composizione specifica del campione. I campioni raccolti con retini non possono pertanto essere utilizzati per ottenere stime numeriche della densità di popolazione.

Le reti libere sono normalmente provviste di una corda metrata che indica la profondità alla quale viene progressivamente immersa la rete. Questo accorgimento si rivela particolarmente importante al fine di evitare che l'estremità terminale della rete in fase di discesa venga a contatto con il sedimento e risospenda così parte del sedimento stesso che potrebbe intorbidire eccessivamente il campione.

A seconda degli obiettivi del campionamento, la rete può essere calata e recuperata dal fondo del corpo d'acqua alla superficie per due o tre volte, qualora l'interesse sia rivolto alla popolazione algale distribuita sull'intera colonna d'acqua. Se invece si desidera prelevare campioni che siano unicamente rappresentativi del popolamento dei primi strati fotici, è possibile immergere completamente il retino sotto il pelo dell'acqua e trascinare la rete orizzontalmente camminando lungo le rive o, se in barca, procedendo orizzontalmente sfruttando il movimento della barca stessa.

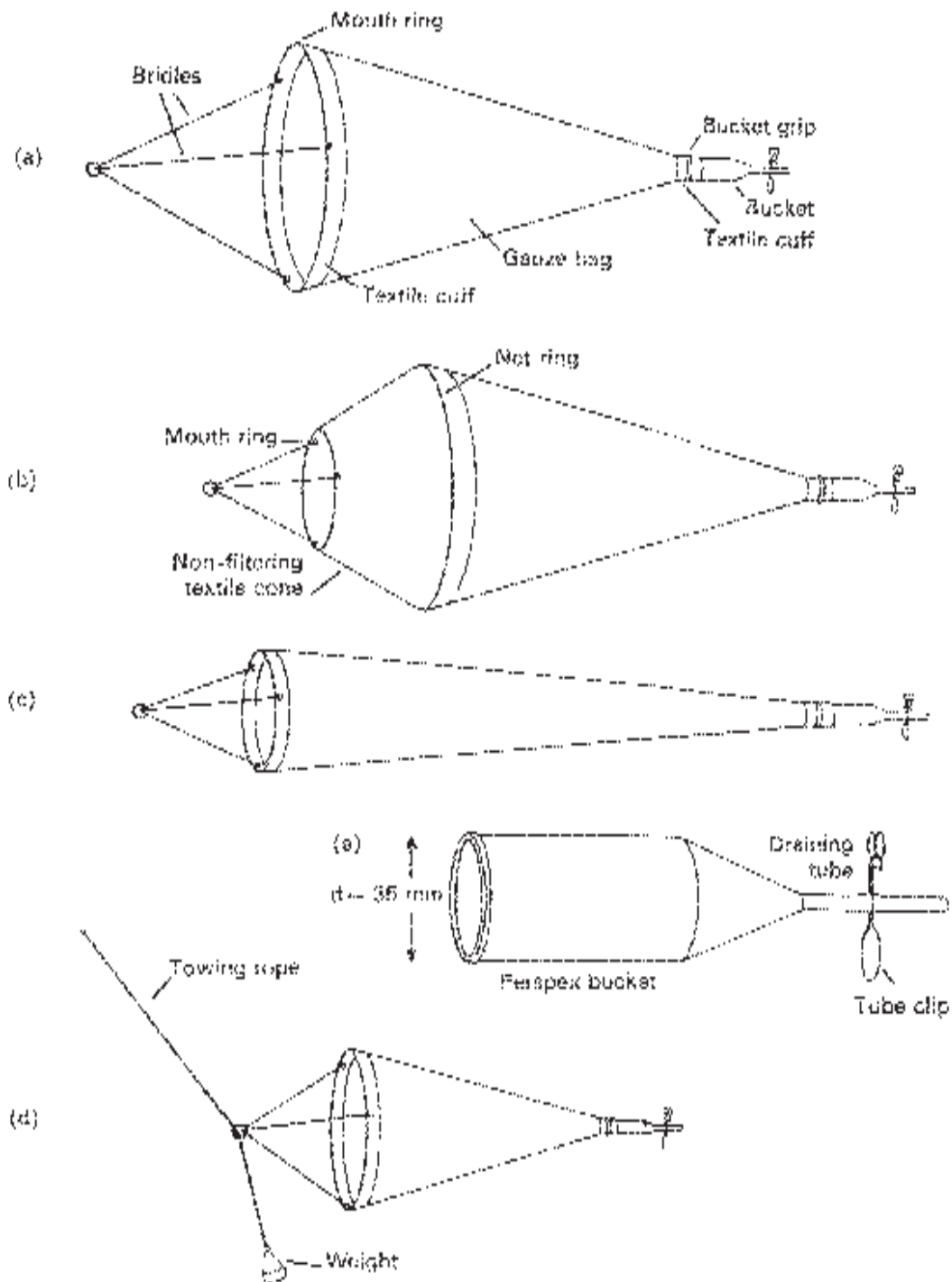


Fig. 1. Net with accessories: (a) Standard net. The length of standard nets is normally 2 to 3 times the mouth diameter. (b) Fine-mesh net with reduced mouth diameter. A tapering non-filtering textile sleeve is inserted between the large net ring and the smaller mouth ring. (c) Extra long, fine-mesh standard net. (d) Standard net attached to the towing rope, with the weight in front of the mouth. (e) Plankton collecting bucket made of clear perspex material. Diameter of the bucket is 30 to 100 mm (here 35 mm; length of the cylindrical part is 50 to 200 mm (here 65 mm). The bucket is attached to the net tail by textile tape or a specially made metal grip.

## CAMPIONI QUANTITATIVI

I campioni quantitativi vengono utilizzati per la stima della densità fitoplanctonica. Il prelievo di questi campioni viene normalmente condotto utilizzando bottiglie di profondità, di capacità variabile tra 1 e 5 litri, che vengono immerse aperte e, raggiunta la profondità alla quale si desidera raccogliere il campione, richiuse attraverso un sistema a distanza che generalmente è costituito da un messaggero che scorre lungo la corda e fa scattare il meccanismo di chiusura della bottiglia. Questo consente il prelievo selettivo di acqua alla profondità voluta, senza che il campione che si raccoglie entri in contatto con gli strati d'acqua a profondità diversa da quella voluta.

Sono in commercio numerosi tipi di bottiglie anche se in quasi tutti i centri di ricerca limnologica è prassi comune costruirsi "in casa" i campionatori. Alcuni esempi di queste bottiglie sono illustrati in Figura 2. I materiali con cui queste bottiglie vengono costruite sono vetro o plexiglas per il corpo cilindrico della bottiglia, mentre la struttura è generalmente di acciaio.

Per raccogliere il campione, la bottiglia viene immersa fino alla profondità voluta, viene chiusa lanciando il messaggero lungo la corda e, non appena si avverte nella corda la vibrazione provocata dal meccanismo di chiusura, si procede al recupero della bottiglia mediante la corda metrata. Generalmente il volume di acqua raccolta dal campionatore è troppo grande per essere utilizzato come campione, quindi si deve prelevare dalla bottiglia un'aliquota di acqua.

Una volta recuperata la bottiglia si procede immediatamente all'estrazione di un sottocampione, generalmente di volume che varia tra 100 e 200 ml. Le bottiglie di profondità hanno infatti all'estremità inferiore un piccolo rubinetto che consente l'estrazione del sottocampione che viene versato direttamente in flaconi di vetro Duran o Pyrex. I tappi a vite di questi flaconi devono essere muniti di un sottotappo fatto con materiali totalmente inerti, per impedire che l'agente fissativo volatilizzandosi possa concentrarsi nel sottotappo stesso diminuendo così la sua concentrazione nel campione.

Non appena si è estratto il sottocampione dalla bottiglia, è buona norma procedere immediatamente alla fissazione. Molto frequentemente, infatti, la raccolta del campione causa alle alghe un forte shock (dovuto principalmente all'esposizione ad un'intensità di luce solare decisamente superiore a quella che riesce a penetrare negli strati d'acqua dove questi organismi vivono) che può causare profonde modificazioni della morfologia cellulare e in certi casi anche la perdita di strutture, quali i flagelli, che sono importanti caratteri sistematici. Le procedure che devono essere effettuate non appena si è raccolto il campione d'acqua, sono il passaggio più critico che

determinano la validità stessa del campione.

Non appena effettuato il prelievo d'acqua con la bottiglia, è estremamente importante ridurre al minimo i possibili cambiamenti qualitativi e quantitativi che possono verificarsi nella composizione del campione per non ottenere distorsioni significative della rappresentazione della popolazione in esame. Questo viene raggiunto o procedendo immediatamente alla fissazione del campione, se si intende conservare il campione per un lungo periodo, oppure mantenendo il campione in condizioni tali per cui le attività metaboliche siano mantenute ad un livello minimo fino a quando sarà possibile analizzare il campione o allestire colture in laboratorio, se questo era negli scopi del campionamento.

## FISSAZIONE DEI CAMPIONI

Un campione fissato ha il pregio di poter essere analizzato anche molto tempo dopo il suo prelievo. Inoltre, un campione fissato mantiene praticamente inalterate le sue proprietà per vari anni se mantenuto in condizioni opportune, diventando così un'importante banca dati a cui sarà possibile ricorrere a distanza di tempo anche da parte di persone diverse. Come accennato prima, se si intende fissare il campione prelevato, la fissazione deve essere effettuata nel più breve tempo possibile per non alterare il campione.

Benché in letteratura siano descritti vari agenti fissativi, in pratica solo pochi sono stati usati per un intervallo di tempo sufficientemente lungo da poter costituire una valida base di esperienza. I principali agenti fissativi sono la formaldeide e una soluzione di iodio e potassio ioduro (soluzione di Lugol) che possono essere utilizzati sia da soli che combinati con altri composti a seconda che si desideri ottenere soluzioni finali acide o alcaline. Un dettagliato protocollo di preparazione delle due soluzioni è riportato in appendice (Phytoplankton Manual, A. Sournia editor, UNESCO, 1978, Capitolo 4: Preservation and Storage).

In assoluto non si può affermare che un metodo sia migliore dell'altro. Generalmente si può affermare, sulla base di anni di esperienza, che l'impiego della soluzione di Lugol è preferibile per gli ambienti d'acqua dolce mentre la formaldeide è più indicata per acque salate e salmastre. E' buona norma tuttavia provare a fissare qualche campione con entrambi i fissativi e, a intervalli regolari di tempo (es. un mese), fare un confronto dei campioni per riuscire ad individuare l'agente più indicato per l'ambiente in esame.

## CAMPIONI NON FISSATI

Può rendersi necessario mantenere il campione "vivo", ovvero senza aggiungere alcun agente fissativo, tutte le

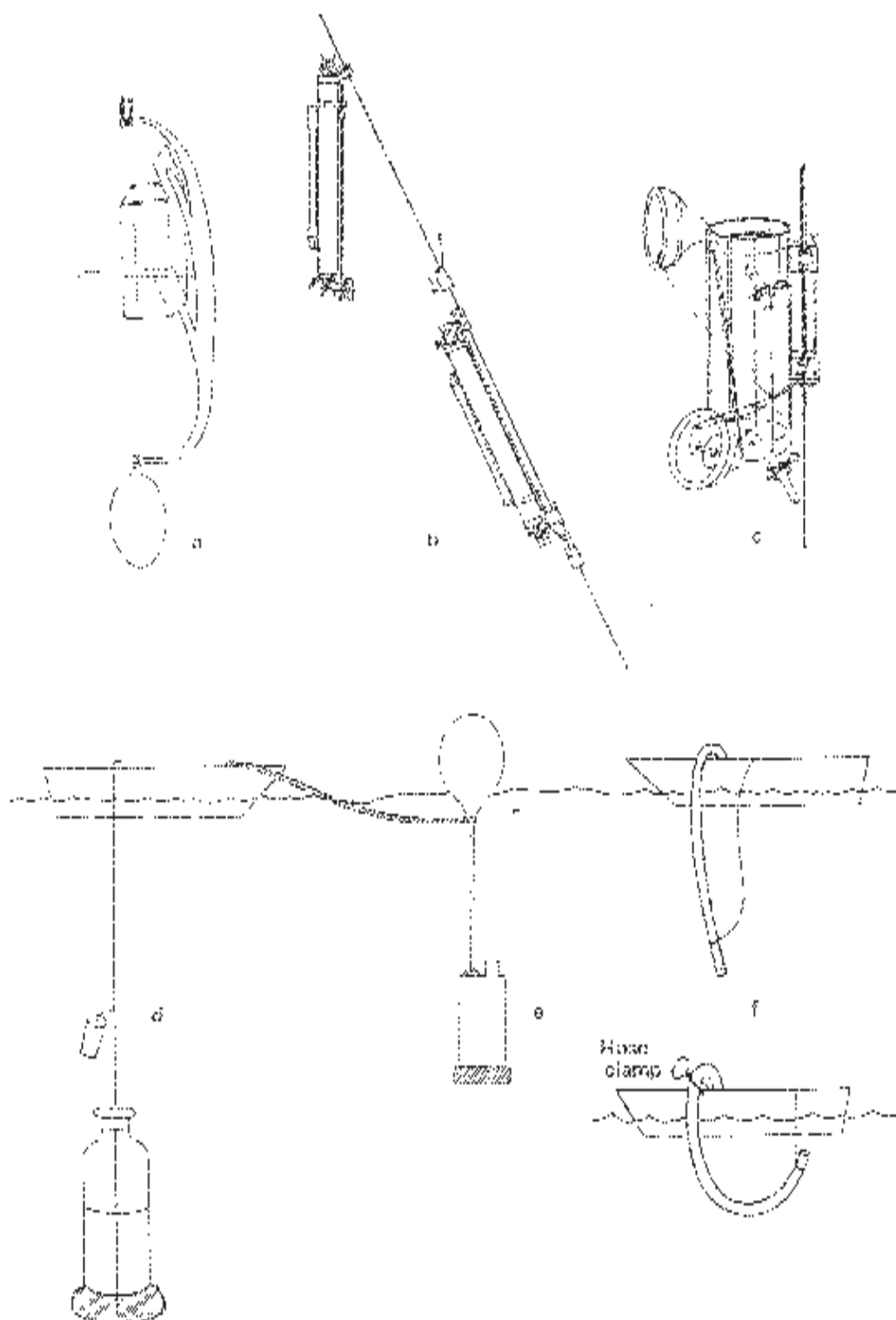


Fig. 2. Water-bottle designs: (a) historical sampler (Hook, 1666); (b) reversing bottle (Nansen bottle); (c) non-reversing bottle (Van Dorn bottle); (d) 'snatch' sampler; (f) integrating sampler.

volte che si inizia a studiare un ambiente che non si è analizzato precedentemente. Per fini di identificazione, infatti, molto frequentemente risulta utile avere a disposizione, oltre ai normali campioni fissati, anche campioni in cui gli organismi algali non siano stati esposti ad agenti chimici che in molti casi deformano la morfologia della cellula, rendendo l'identificazione più complessa.

I principali fattori che causano il rapido decadimento delle cellule sono un aumento della temperatura dell'acqua, l'esposizione del campione ad un'intensità luminosa eccessiva e la rapida diminuzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto provocata dall'attività batterica. Un campione vivo appena raccolto va pertanto collocato in borse termiche richiudibili e contenenti elementi refrigeranti, avendo avuto l'accortezza di riempire il campione fino all'orlo non lasciando aria nel contenitore, per ridurre al minimo le vibrazioni dovute al trasporto.

Non appena arrivati in laboratorio, il campione va aperto, si deve eliminare una piccola quantità di acqua per aumentare la superficie di scambio tra acqua ed aria e va collocato in frigorifero a temperatura tra 2 e 5 gradi centigradi. La bassa temperatura contribuirà a mantenere al minimo l'attività fisiologica degli organismi presenti, rallentando la divisione cellulare batterica e il consumo di ossigeno. Si deve tenere presente che pur seguendo tutte le possibili precauzioni, la decomposizione prenderà luogo molto rapidamente (generalmente le specie algali più fragili muoiono entro un'ora dalla raccolta del campione), soprattutto se il campione è stato raccolto mediante l'impiego di rete libera, poiché i campioni raccolti con questa metodologia sono estremamente più concentrati dei campioni raccolti con bottiglie di profondità.

#### PREPARAZIONE DEL CAMPIONE PER IDENTIFICAZIONE E CONTEGGIO

Una volta arrivati in laboratorio il campione è pronto per la preparazione finale. Il conteggio infatti non verrà eseguito sull'intero sottocampione raccolto, ma solamente su una sua aliquota. La prima considerazione che occorre fare è che tra la raccolta del campione iniziale e la determinazione della stima dei parametri di densità e del biovolume, intercorrono numerosi passaggi e ognuno di questi è una possibile sorgente di errore. Fortunatamente, questi errori possono essere ridotti o eliminati attenendosi a protocolli standardizzati, ma si deve tenere presente che l'errore che deriva dall'estrazione di un sottocampione da un campione non può essere eliminato del tutto.

Il primo livello di sottocampionamento si ha quando dal campionatore si preleva un'aliquota di acqua; in seguito, una seconda fonte di errore di questo tipo è l'integrazione in laboratorio di campioni raccolti a differenti profondità in un unico campione rappresentativo del popolamento lungo l'intera colonna d'acqua. Il successi-

vo sottocampionamento viene effettuato sul campione finale quando ci si prepara ad effettuare il conteggio. Ancora una volta, infatti, non è quasi mai possibile effettuare un conteggio su 100 ml di campione, a meno che non si stia analizzando un ambiente estremamente oligotrofico.

Il più delle volte, dal campione finale che si è ottenuto si deve estrarre una aliquota che può essere di volume variabile, generalmente tra 5 e 20 ml. Per questo si deve ricorrere a metodi per concentrare il fitoplancton. Tra le varie metodologie di preparazione del campione e di conteggio, la più utilizzata è senza dubbio quella che ricorre all'uso del microscopio rovesciato, da cui il metodo prende il nome (in letteratura si può trovare indifferentemente 'metodo di Utermohl', metodo del 'microscopio rovesciato' e 'metodo di sedimentazione').

#### Cenni di sistematica del fitoplancton

##### TERMINOLOGIA

Il primo utilizzo del termine *plancton* è attribuito al biologo Viktor Hensen nel 1887. Hensen ha definito con questo termine tutte le particelle di natura organica che galleggiano liberamente ed involontariamente in acque aperte, escludendo il sedimento e le zone littorali. La dipendenza del plancton dai movimenti delle masse d'acqua è direttamente implicita nel suo nome, in quanto il termine *plancton* viene dal termine greco *πλαγκτος*, che letteralmente significa 'sbattuto in qua e là'. Il termine esclude direttamente l'appartenenza a questa categoria di tutti quegli organismi che sono provvisti di moto proprio e in grado di regolare la propria distribuzione.

La definizione di Hensen inoltre non esclude specificamente tutte le particelle organiche non viventi, che sono invece escluse nell'accezione corrente del termine. Ci sono due fondamentali critiche alla definizione data da Hensen.

La prima consiste nel fatto che non è vero che il plancton galleggia; solo pochi organismi planctonici infatti galleggiano costantemente, mentre la maggior parte di essi sono più densi dell'acqua in cui vivono. L'adattamento specifico degli organismi planctonici all'ambiente pelagico sembra più diretto allo sviluppo di proprietà che permettono una prolungata permanenza in sospensione. Inoltre, in molte circostanze, è un beneficio per questi organismi essere in grado di evitare lo strato d'acqua immediatamente al di sotto del pelo dell'acqua per cui un tasso di sedimentazione positivo si dimostra evolutivamente vantaggioso.

Queste considerazioni portano direttamente alla seconda critica, che deriva dal fatto che molti organismi planctonici non sono confinati nella zona pelagica, ma

spendono sostanziali periodi del loro ciclo vitale in habitat litorali o del sedimento, essendo quindi planctonici solo facoltativamente; per questa ragione questi organismi vengono definiti anche *meroplanctonici*.

È forse più corretto definire con il termine plancton la comunità di piante e animali adattata a vivere in sospensione sia in mare che in acqua dolce e che è soggetta a movimenti passivi indotti da correnti e venti. Nell'accezione più comune del termine, la frazione animale viene definita *zooplancton*, mentre quella vegetale viene indicata come *fitoplancton*, anche se la linea di confine non è ancora del tutto ben definita. Botanici e zoologi, infatti, continuano a discutere dove collocare organismi quali i dinoflagellati, che sono simultaneamente autotrofi (in grado cioè di elaborare il proprio nutrimento dalla sostanza inorganica dissolta in acqua), fagotrofici (in grado di ingerire altri organismi o parti di essi) ed estremamente mobili.

Può capitare, leggendo la letteratura, di incontrare numerose sottodivisioni del termine plancton. Vale quindi la pena di esaminarne alcune. Un primo livello di suddivisione è quello di cercare di distinguere il plancton lacustre (*limnoplantton*) da quello delle pozze (*heleoplantton*) e da quello dei fiumi (*potamoplantton*). Benché sia vero che le associazioni planctoniche di questi tre diversi habitat mostrino elementi ben distinti, è tuttavia altrettanto vero che vi sono specie comuni tra due o tra tutti e tre questi differenti ambienti, il che fa sì che questa sotto-classificazione possa avere soltanto un carattere estremamente generico e poco utilizzabile, soprattutto considerando le scarse differenze che ci sono tra i primi due ambienti, entrambi caratterizzati da acque ferme.

Molti autori hanno inoltre introdotto classificazioni basate sulla taglia degli organismi. È frequente incontrare termini come *nanoplantton* o *ultraplantton* oppure anche *microalghe*, categorie spesso utilizzate per separare gli organismi ad esse appartenenti dalle forme di dimensioni maggiori, comunemente attribuiti alla categoria del *netplantton*, letteralmente plancton da rete, entro cui venivano raggruppati tutti gli organismi che venivano catturati con reti libere di una determinata apertura di maglia. In particolare, la categoria indicata con il termine nanoplantton ha subito varie revisioni nel corso degli anni, rendendone difficile l'impiego: per Pavoni (1963) il limite dimensionale per definire il nanoplantton era  $< 30 \mu\text{m}$ ; Nauwerck (1963) ha collocato il limite a  $80 \mu\text{m}$ , Kalff (1972) a  $64 \mu\text{m}$ , Gliwicz e Hillbricht-Ilkowska (1972) a  $50 \mu\text{m}$ , mentre Manny (1972) e Gelin (1975) hanno adottato una soglia limite di  $10 \mu\text{m}$ .

Altri termini frequentemente incontrati in letteratura sono *microplantton*, che corrisponde approssimativamente a nanoplantton; *mesoplantton*, spesso usato come sinoni-

mo di netplantton; *macroplantton* o *megaloplantton* o anche *megaplantton*, che include angiosperme e pteridofite acquatiche che galleggiano sulla superficie dell'acqua quali *Wolffia*, *Lemna*, *Hydrocharis* ed *Eichornia*. Quest'ultima categoria in particolare differisce completamente dalla definizione più utilizzata di plancton, in quanto queste ultime specie citate, benché galleggino per gran parte del loro ciclo vitale, quasi mai vengono ritrovate in sospensione. L'utilizzo di queste ultime categorie, pertanto, dovrebbe essere accuratamente evitato, dal momento che i termini suggeriti possono portare ad erronee interpretazioni.

#### CARATTERISTICHE GENERALI DELLE ALGHE PLANCTONICHE

Il fitoplancton di acqua dolce comprende organismi di diversi gruppi algali e batterici, oltre agli stadi infettivi di certi funghi. Di questi, senza dubbio la frazione più importante ed abbondante è costituita dalle alghe, anche se l'importanza della biomassa batterica non è certamente trascurabile, in quanto il loro contributo è fondamentale nel funzionamento degli ecosistemi acquatici. L'attività batterica infatti funge da mediatore in molti dei processi chimici che caratterizzano gli habitat acquatici, basti pensare ai cicli biogeochimici dei principali elementi chimici.

Le alghe si presentano all'osservatore in tantissime forme ed organizzazioni differenti. Si possono trovare le forme più semplici unicellulari e prive di meccanismi di movimento, ma anche forme coloniali molto più complesse che presentano struttura tridimensionale. La maggior parte delle alghe hanno dimensioni microscopiche e non possono essere osservate ad occhio nudo, ma ci sono anche molte specie che crescendo in colonie, possono formare ammassi di dimensioni ragguardevoli e possono essere individuate ad occhio nudo. Fondamentalmente si conoscono due tipi di organizzazioni coloniali. In alcune specie la colonia è composta da un indefinito numero di cellule, si accresce per continue divisioni cellulari e si riproduce per frammentazione. Un secondo tipo è invece costituito da un numero fisso di cellule, molto spesso quattro o uno dei suoi multipli, che viene chiamato *cenobio*. Specie diverse che formano cenobi, hanno differenti posizioni delle cellule all'interno del cenobio.

Tradizionalmente l'identificazione e la classificazione delle alghe planctoniche è stata condotta mediante l'individuazione al microscopio ottico di marcate differenze nelle caratteristiche morfologiche delle cellule tra una specie e l'altra. In tempi più recenti, il progredire della microscopia elettronica ha notevolmente incrementato la possibilità di osservare differenziazioni ad un livello sempre più accurato: nel caso specifico delle diatomee, per esempio, la classificazione delle specie è stata

profondamente revisionata grazie all'analisi fine della struttura del *frustulo*, la teca silicea che racchiude gli organismi appartenenti a questa divisione. Anche la biochimica, la citologia, lo studio delle life-histories, contribuiscono sensibilmente ad una comprensione più globale di questi organismi, permettendo una classificazione più accurata e coerente. Le differenze che si osservano tra i grandi gruppi algali a livello di morfologia esterna delle cellule sono solo uno dei modi di valutare la diversità delle alghe. Tuttavia, nella maggior parte dei casi l'identificazione delle alghe viene ancora condotta mediante l'uso di chiavi dicotomiche che si basano sull'osservazione della morfologia cellulare al microscopio ottico, in quanto sono ancora pochi i laboratori dove è possibile integrare le osservazioni tradizionali con le nuove tecniche a disposizione.

La nomenclatura delle alghe è continuamente sottoposta a revisioni e cambiamenti e praticamente non esiste una classificazione universalmente accettata; si possono pertanto trovare in letteratura varie liste che impiegano differenti termini soprattutto per individuare i livelli di organizzazione superiori. Le più generali regole di nomenclatura comunemente accettate sono riportate di seguito:

Livello di organizzazione	Suffisso
Grande divisione	phyta
Classe	phyceae
Ordine	ales
Famiglia	aceae
Genere	normalmente un nome greco o latino
Specie	normalmente un nome latino
Varietà	normalmente un nome latino

Come è stato accennato prima, sono molte le differenze tra i diversi grandi gruppi algali da un punto di vista biochimico. Diversi gruppi hanno infatti diversi tipi di clorofilla, differenti sostanze di riserva che vengono sintetizzate come fonte di nutrimento in seguito al processo fotosintetico, differenti pigmenti fotosintetici, differente composizione biochimica della parete cellulare.

Questa serie di motivazioni fa sì che la tassonomia algale sia in costante revisione ed aggiornamento. A questo va anche aggiunto che diversi Autori non concordano affatto sulla posizione sistematica dei livelli di organizzazione superiori, in modo particolare sulla posizione e nomenclatura di Classi e Ordini. Questo contribuisce sostanzialmente a confondere le idee di coloro che per diletto o necessità si avvicinano a questo settore.

Lo schema riportato di seguito, deve quindi essere considerato solo uno dei tanti che si trovano in letteratura. In esso vengono riportati i nomi delle grandi divisioni con, per ogni divisione, una breve descrizione delle principali caratteristiche degli organismi ad essa appartenenti e le varie sottodivisioni in Classi e Ordini; per ogni Ordine sono inoltre elencati i nomi dei Generi più frequenti.

## PROCARIOTI CYANOPHYTA

Sono alghe procariote a cui mancano compartimentazioni cellulari quali nucleo e plastidi racchiusi da membrana cellulare; la sostanza di riserva è costituita da granuli di poliglucosio. Hanno unicamente clorofilla-*a*. Tra botanici e batteriologi vi sono ancora dispute molto accese per determinare se questi organismi vadano considerati come alghe o come batteri. Vengono riunite in una Classe e in due Ordini.

### CLASSE Cyanophyceae

#### ORDINE: CHROOCOCCALES

Alghe solitarie o riunite in colonie ad organizzazione cocciale.

Generi più frequenti: *Aphanocapsa*, *Aphanotece*, *Coleosphaerium*, *Gloeocapsa*, *Gloeotheca*, *Gomphosphaeria*, *Microcystis*, *Synechococcus*

#### ORDINE: NOSTOCALES

Organismi che formano colonie filamentose, in grado di formare eterocisti e acineti.

Generi più frequenti: *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Gloeotrichia*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Pseudanabaena*, *Spirulina*, *Trichodesmium*

## EUCARIOTI

Le alghe eucariote presentano il nucleo cellulare e i pigmenti sono localizzati all'interno dei plastidi, o cromatofori. Sono suddivise in otto phyla, di cui due, Rhodophyta e Phaeophyta, non vengono ritrovate negli ambienti d'acqua dolce.

### CRYPTOPHYTA

Alghe prive di parete cellulare, biflagellate, con uno o due plastidi di grandi dimensioni; divisione longitudinale; la riproduzione sessuale non è conosciuta all'interno di questo phylum e la sostanza di riserva accumulata è l'amido. Presentano clorofilla-*a* e clorofilla-*c*. Sono suddivise in una sola Classe ed in un solo Ordine.



CLASSE: Cryptophyceae

ORDINE: CRYPTOMONADALES

Generi più frequenti: *Chilomonas*, *Chroomonas*, *Cryptomonas*, *Rhodomonas*PYRROPHYTA (**Dinoflagellate**)

Alghe unicellulari flagellate, raramente coloniali; possiedono due flagelli di lunghezza e orientamento differenti; alcune specie sono prive di parete cellulare, in altre la parete cellulare è in cellulosa, spesso scolpita in placche poligonali perforate. Presentano numerosi plastidi a forma di disco o incolore; il prodotto di assimilazione è l'amido e in alcuni casi è costituito da oli insaturi; clorofilla-*a* e clorofilla-*c*. Sono raggruppate in due Classi.

CLASSE: Dinophyceae

Cellule biflagellate, con i due flagelli collocati nel solco trasversale e longitudinale. Le specie planctoniche sono raggruppate in un unico Ordine.

ORDINE: PERIDINIALES

Generi più frequenti: *Ceratium*, *Glenodinium*, *Gonyaulax*, *Gymnodinium*, *Peridinium*, *Woloszynskia*CLASSE: Adinophyceae (= Desmophyceae)

Cellule senza parete cellulare o con parete cellulare in cellulosa composta da due metà dalla forma simile al vetro di orologio. Le specie d'acqua dolce sono rappresentate da un solo Ordine.

ORDINE: PROROCENTRALES

Generi più frequenti: *Exuviella*, *Pyrocystis*

## RAPHIDOPHYTA

Cellule con un solo flagello con parete cellulare di cellulosa. Hanno numerosi plastidi e il prodotto di assimilazione è costituito da lipidi. Vengono suddivise in una Classe e un Ordine.

CLASSE: Raphidophyceae

ORDINE: RAPHIDOMONADALES (= CHLOROMONADALES)

Generi più frequenti: *Gonyostomum*

## CHRYSOPHYTA

Alghe sia unicellulari che coloniali, con colonie filamentose e sifonali, con preponderanza di pigmenti carotenoidi. La parete cellulare è pectinica, spesso divisa in due parti, qualche volta impregnata di silice (particolarmente nelle diatomee); i prodotti di assimilazione sono crisola-

minarina, leucosina, grassi ma mai amido. Hanno clorofilla-*a* e clorofilla-*c*. Sono suddivise in cinque Classi, tutte con specie planctoniche.

CLASSE: Chrysophyceae

Principalmente alghe unicellulari o coloniali; hanno generalmente due plastidi marroni; la parete cellulare è silicea o calcificata; hanno riproduzione sessuata isogametica. Le specie planctoniche d'acqua dolce sono raggruppate in tre Ordini su un totale di undici Ordini appartenenti a questa Classe.

ORDINE: OCHROMONADALES (= CHRYSOMONADALES)

Crisoficee unicellulari e coloniali, senza una rigida parete cellulare, ma frequentemente ricoperte di scaglie silicee.

Generi più frequenti: *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Synura*, *Uroglena*

ORDINE: CHROMULINALES

Generalmente biflagellate unicellulari senza una parete cellulare rigida.

Generi più frequenti: *Chromulina*, *Chrysococcus*, *Ke-phyrion*, *Pseudopedinella*, *Stenocalyx*

ORDINE: STICHOGLOEALIS

Alghe palmelloidi coloniali.

Generi più frequenti: *Stichogloea*CLASSE: Haptophyceae

Principalmente alghe unicellulari flagellate, la maggior parte delle quali possiede un aptonema rigido. Sono per la maggior parte alghe marine (a questa Classe appartengono i coccolitoforidi).

Generi più frequenti: *Chrysochromulina*, *Prymnesium*CLASSE: Craspedophyceae

Sono per lo più alghe epifittiche. Sono divise in un unico Ordine.

ORDINE: MONOSIGALES

Generi più frequenti: *Stylochomonas*CLASSE: Bacillariophyceae (Diatomee)

Alghe unicellulari e coloniali, generalmente con numerosi plastidi discoidi. La parete cellulare è fatta di cellulosa o silice ed è divisa in due metà (valve). Il prodotto di assimilazione sono oli insaturi; non hanno mai flagelli. Hanno clorofilla-*a* e clorofilla-*c*. Sono raggruppate in due Ordini.

## ORDINE: BIDDULPHIALES

Sono diatomee centriche, qualche volta formanti colonie filamentose per adesione delle superfici valvari.

Generi più frequenti: *Attheya*, *Cyclotella*, *Melosira*, *Rhizosolenia*, *Stephanodiscus*

## ORDINE: BACILLARIALES

Diatomee pennate, qualche volta forma colonie o cenobi.

Generi più frequenti: *Asterionella*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Surirella*, *Synedra*, *Tabellaria*

CLASSE: Xanthophyceae

Alghe unicellulari, coloniali ad organizzazione filamentosa o sifonale. Gli organismi mobili hanno generalmente due flagelli di diversa lunghezza. I plastidi hanno forma a disco ed il prodotto di assimilazione sono lipidi. Hanno clorofilla-*a* e clorofilla-*e*. Dei cinque Ordini in cui è divisa la Classe, solamente due hanno specie d'acqua dolce.

## ORDINE: MISCHOCOCCALES (= HETEROCOCCALES)

Alghe unicellulari o coloniali dotate di parete cellulare rigida.

Generi più frequenti: *Goniochloris*, *Monodus*, *Nephrodiella*, *Ophiocytium*

## ORDINE: TRIBONEMATALES (= HETEROTRICHALES)

Alghe che formano colonie filamentose.

Generi più frequenti: *Tribonema*

**EUGLENOPHYTA**

Alghe flagellate unicellulari con due flagelli, uno lungo e uno molto corto. Hanno numerosi ed irregolari plastidi e si riproducono per scissione longitudinale. I prodotti di assimilazione sono *paramylon* (un particolare carboidrato affine all'amido) e oli insaturi. Hanno clorofilla-*a* e clorofilla-*b*. Sono raggruppate in un'unica Classe e un Ordine (un secondo Ordine, *Peranemales*, è stato collocato nei Protozoi).

CLASSE: Euglenophyceae

## ORDINE: EUGLENALES

Generi più frequenti: *Euglena*, *Lepocinclis*, *Phacus*, *Trachelomonas*

**CHLOROPHYTA**

Alghe di colore verde sia unicellulari che coloniali filamentose, sifonali e pseudoparenchimatice. Hanno

uno o più plastidi. Il prodotto di assimilazione è l'amido. Presentano clorofilla-*a* e clorofilla-*c*. I sistematici non sono concordi sul numero e l'estensione delle Classi, pertanto qui di seguito vengono riportati unicamente i differenti Ordini.

## ORDINE: PEDINOMONADALES

Sono un piccolo gruppo di alghe unicellulari biflagellate, con plastidi ben distinti.

Generi più frequenti: *Pedinomonas*

## ORDINE: PYRAMIMONADALES

Principalmente alghe dotate di movimento unicellulari con due o quattro flagelli; le forme non mobili formano zoospore simili come struttura.

Generi più frequenti: *Pyramimonas*

## ORDINE: VOLVOCALES

Alghe unicellulari o coloniali biflagellate.

Generi più frequenti: *Carteria*, *Chlamydomonas*, *Eudorina*, *Gonium*, *Pandorina*, *Phacotus*, *Volvox*

## ORDINE: TETRASPORALES

Alghe non flagellate raggruppate in colonie mucillaginose

Generi più frequenti: *Gloeocystis*, *Gemmellicystis* (= *Pseudosphaerocystis*), *Paulschulzia*

## ORDINE: CHLOROCOCCALES

Alghe non flagellate, unicellulari ma anche coloniali (a volte mucillaginose)

Generi più frequenti: *Ankistrodesmus*, *Ankyra*, *Botryococcus*, *Chlorella*, *Coelastrum*, *Coenococcus*, *Crucigenia*, *Dictyosphaerium*, *Elakatothrix*, *Kirchneriella*, *Lagerheimia*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Pediastrum*, *Quadrigula*, *Radiococcus*, *Scenedesmus*, *Selenastrum*, *Sphaerocystis*, *Tetrastrum*, *Tetraedron*

## ORDINE: ULOTRICHALES

Alghe filamentose per lo più non ramificate con qualche genere unicellulare.

Generi più frequenti: *Geminella*, *Raphidonema*, *Stichococcus*

## ORDINE: ZYGNEMATALES

Alghe verdi unicellulari e filamentose che si riproducono per coniugazione

Generi più frequenti: *Arthrodesmus*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Euastrum*, *Spondylosium*, *Staurastrum*, *Staurodesmus*, *Xanthidium*

**Bibliografia suggerita****Per la parte riguardante i metodi di campionamento e conteggio:**

SOURNIA, A. Editor- 1978. *Phytoplankton Manual*. Paris, UNESCO.

**Introduzione alla fisiologia e all'ecologia del fitoplancton:**

REYNOLDS, C. S.- 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press.

HARRIS, G. P.- 1986. *Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation*. New York, Chapman and Hall.

**Introduzione alla sistematica e chiavi dicotomiche per alcune specie o generi:**

BELLINGER, E. G.- 1992. *A key to common algae*. London, The Institution of Water and Environmental Management.

PRESCOTT, G. W.- 1982. *Algae of the western great lakes area*. Koenigstein, Otto Koeltz Science Publishers.

BOURRELLY, P.- 1981. *Les algues d'eau douce. Les algues jaunes et brunes*. Paris, Boubée.

BOURRELLY, P.- 1985. *Les algues d'eau douce. Les algues bleues et rouges*. Paris, Boubée.

BOURRELLY, P.- 1988. *Complémentes. Les algues d'eau douce. Les algues vertes*. Paris, Boubée.

BOURRELLY, P.- 1990. *Les algues d'eau douce. Les algues vertes*. Paris, Boubée.

**Chiavi tassonomiche complete:**

HUBER-PESTALOZZI, G.- 1938. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Allgemeiner Teil. Blaualgen. Bakterien. Pilze*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

HUBER-PESTALOZZI, G.- 1941. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Chrysophyceen. Farblose Flagellaten Heterokonten*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

HUBER-PESTALOZZI, G.- 1942. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Diatomeen*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

HUBER-PESTALOZZI, G.- 1955. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Euglenophyceen*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

HUBER-PESTALOZZI, G.- 1961. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Volvocales*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

FOTT, B.- 1968. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophyceae*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

FOTT, B.- 1972. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Tetrasporales*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

FÖRSTER, V. K.- 1982. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Conjugatophyceae. Zygnematales und Desmidiiales (excl. Zygnemataceae)*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

KOMÁREK, J. and B. FOTT- 1983. *Das Phytoplankton des Süßwassers: Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).

*In alternativa alla collana "Das Phytoplankton des Süßwassers", c'è anche la collana:*

PASCHER, A. editor, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Jena, Gustav Fisher Verlag, in 24 volumi.