

Guida allo studio del fitoplancton marino

CLAUDIO TOLOMIO

Questo lavoro è rivolto a tutti coloro i quali, animati da un certo spirito naturalistico, si sentono attratti verso la conoscenza di quegli organismi vegetali acquatici che, pur microscopici e pertanto invisibili ad occhio nudo, tanta importanza rivestono nell'economia della natura.

Al fine dunque di fornire ai neofiti uno strumento valido per le prime osservazioni ed esperienze nel campo della planctonologia, il presente manuale è stato suddiviso in tre parti: nella prima si espongono alcune nozioni basilari riguardanti l'ecologia dei vegetali marini in genere e delle microalghe planctoniche in particolare, nella seconda si suggeriscono le metodiche più semplici, ma non per questo meno efficaci, per la raccolta e lo studio di tali microalghe, nella terza infine si traccia una classificazione il più possibile schematica allo scopo di riuscire maggiormente comprensibile, con descrizione dei *taxa* più rappresentativi e iconografia di quelle forme che compaiono più frequentemente lungo le coste italiane.

Parte I

1) I vegetali marini

La quasi totalità dei vegetali che vivono nelle acque del mare è costituita da organismi che comunemente prendono il nome di alghe e che, a seconda delle dimensioni, pos-

sono essere microscopiche o macroscopiche. Si possono distinguere poi alghe che vivono fissate ad un determinato substrato, intendendosi con questo termine qualsiasi materiale atto all'ancoramento come rocce, manufatti in cemento o in legno, sedimenti di varia granulometria, ecc., e alghe che vivono invece in sospensione, libere nel mezzo pelagico: le prime costituiscono il fitobentos, le seconde il fitoplancton.

A differenza delle piante terrestri, che sono provviste di tessuti differenziati e associati insieme a costituire radice, fusto e foglie (*cormofite*) e che traggono nutrimento da un suolo più o meno humificato, le alghe sono formate da pseudo-tessuti che danno luogo ad una struttura indifferenziata detta tallo: perciò sono definite anche *tallofite*. In questo caso i minerali, che vengono trasformati in materia organica attraverso i processi fotosintetici grazie all'energia luminosa irradiata dal sole, sono assorbiti attraverso la parete cellulare direttamente dall'ambiente circostante, cioè dall'acqua.

Come esistono terreni più o meno fertili in quanto provvisti in misura diversa di quelle sostanze utili alla vita vegetale, così vi sono acque ricche di sali nutritivi, soprattutto di azoto e di fosforo (eutrofiche) e pertanto più idonee allo sviluppo massivo dei popolamenti algali, e acque deficitarie in tali elementi (oligotrofiche) e di conseguenza poco produttive. Tra queste situazioni estre-

me esistono naturalmente tutti gli stadi intermedi che sfumano gradualmente in un senso o nell'altro.

Purtuttavia non si creda che l'eutrofia rappresenti sempre un evento favorevole e che l'incremento della biomassa vegetale sia in ogni caso direttamente proporzionale alla disponibilità di nutrienti.

Appare chiaro da quanto esposto come l'aspetto trofico, unitamente a quello energetico, rivesta un ruolo determinante sulle possibilità di sviluppo e di crescita dei vegetali marini, anche se esistono molti altri fattori che possono avere, da soli o insieme, influenza positiva o negativa sulla vita degli organismi autotrofi, degli organismi cioè in grado di organizzare tramite i pigmenti clorofilliani le sostanze disciolte nell'acqua (in contrapposizione agli organismi eterotrofi che al contrario utilizzano la materia organica prodotta dai primi). Così, ad esempio, la temperatura che regola le funzioni metaboliche delle cellule vegetali determinandone una certa ciclicità stagionale là dove si hanno forti escursioni nel corso dell'anno (medie latitudini); così la salinità, la cui concentrazione determina un'azione selettiva a livello fisiologico agendo sugli scambi osmotici cellulari; così l'ossigenazione che rispecchia lo stato ambientale e che influenza ed è influenzata dall'attività fotosintetica e respiratoria degli organismi acquatici; così l'idrodinamismo, sotto forma di moto ondoso e correnti, che porta a variazioni di carattere morfologico o a migrazioni, anche su vasta scala; e così via.

Le condizioni dell'ambiente rappresentano comunque un fatto contingente in continua evoluzione: uno stato di equilibrio non può mantenersi che per tempi relativamente brevi. D'altra parte la composizione e la densità di certi popolamenti, che corrispondono a determinate condizioni medie (biocenosi), sono in stretto rapporto alla suddetta evoluzione e più precisamente ai tempi e ai modi in cui essa si manifesta in una determinata area geografica (biotopo).

La densità delle popolazioni algali è alla base del concetto di produttività, cioè della capacità teorica o reale (in tal caso è più corretto il termine «produzione») di trasformare in un dato tempo e relativamente ad una certa superficie o volume la fase minerale, presente nel mezzo acquatico, in composti orga-

nici vegetali. Siffatta produzione, che rappresenta il punto di partenza di tutta la catena alimentare (per questo viene definita anche «primaria») è limitata agli strati d'acqua superficiali, meglio illuminati. È proprio per questo motivo che il fitobentos, vincolato al substrato, è circoscritto alle sole zone costiere, dove la profondità non è mai eccessiva e quindi la luce è in genere sufficiente, mentre il fitoplancton, vivendo sospeso, è presente anche nelle aree al largo o in pieno oceano. L'incidenza nei confronti della produzione parla quindi nettamente a favore delle microfite planctoniche in ragione dell'estensione del dominio pelagico rispetto a quello bentonico, in cui soltanto la piattaforma continentale offre condizioni idonee alla vita per i vegetali sessili.

2) Il fitoplancton

Tutti gli organismi che vivono liberamente sospesi nell'acqua, non dotati di apparati atti a permettere spostamenti attivi in senso lato, con possibilità cioè di contrastare i fenomeni idrodinamici, vengono raggruppati sotto il nome di *plancton*.

In tale raggruppamento devono pertanto essere escluse quelle particelle, costituite da materiale non vivente, che possono comunque trovarsi in sospensione e che hanno una duplice origine: inorganica, derivando da detriti minerali (seston), organica, comprendendo organismi o frammenti di organismi già morti (tripton).

Ma la definizione richiede ulteriori precisazioni. Il plancton appare infatti come un insieme estremamente complesso e pertanto i criteri di classificazione possono essere diversi a seconda delle finalità che si vogliono perseguire. Innanzitutto il differente modo di assunzione del cibo permette di distinguere il plancton vegetale, autotrofo, dal plancton animale, eterotrofo, anche se in alcune classi esistono forme intermedie che presentano caratteri comuni ora all'uno, ora all'altro di questi due gruppi: è, ad esempio, il caso di certe Dinoflagellate in cui, oltre alla perdita della parete cellulare, tipica dei vegetali, si ha una evidente regressione dell'apparato plastidiale, preposto ai processi fotosintetici, e conseguentemente una nutrizione per fagocitosi, cioè mediante inglobamento di particelle solide.

L'esistenza negli ambienti marini di zone assai diverse per ciò che concerne le caratteristiche fisico-chimiche e dinamiche permette di distinguere il plancton anche da un punto di vista topografico. Esistono infatti organismi che vivono prevalentemente nelle acque litorali (plancton neritico), altri invece in quelle lontane dalla costa (plancton oceanico). Tra plancton neritico e plancton oceanico la separazione non è però così rigorosa come sembrerebbe a priori: le biocenosi planctoniche presentano infatti una transizione sfumata e progressiva e si hanno frequenti migrazioni in un senso o nell'altro, anche se è più facile trovare forme neritiche nella provincia oceanica che non il contrario; ciò grazie alla più spiccata adattabilità ecologica posseduta dagli organismi che popolano le acque costiere soggette a forti variazioni dei fattori fisico-chimici, anche entro tempi alquanto brevi.

In base alle dimensioni degli organismi che lo compongono il plancton può essere suddiviso in più categorie: ultraplancton (< 5 micron), nanoplancton (tra 5 e 50 micron), microplancton (tra 50 micron e 1 mm), mesoplancton (tra 1 e 5 mm) e macroplancton (> 5 mm). Come si può osservare tali organismi sono sempre di taglia piuttosto ridotta, al massimo dell'ordine di qualche millimetro. Tale caratteristica non è senza motivo: soprattutto nel caso del fitoplancton esiste un'esigenza fondamentale, quella cioè di mantenersi negli strati d'acqua prossimi alla superficie, comunque non al di sotto della profondità massima compatibile con l'attività clorofilliana. Questa infatti è strettamente legata alla luce, la quale nell'acqua, progredendo verso il basso, subisce un decremento quantitativo più o meno sensibile a seconda della trasparenza e un assorbimento selettivo in rapporto alle varie lunghezze d'onda.

L'adattamento alla vita pelagica per organismi essenzialmente passivi o molto debolmente attivi nei loro spostamenti e in genere più pesanti dell'acqua di mare è attuato da dispositivi che agiscono a livello delle forze d'attrito del loro corpo nei confronti del mezzo acquoso. Il problema della resistenza all'affondamento viene risolto o mediante un aumento della superficie portante o mediante un alleggerimento dovuto all'attività fisiologica.

L'aumento della superficie portante nei

vegetali planctonici è un processo adattativo che si realizza in più modi: o con una riduzione delle dimensioni delle cellule, il che porta ad un incremento dei rapporti superficie/volume e superficie/peso; o con la presenza di appendici e ornamentazioni, che determinano una estensione della superficie d'attrito; o con una modifica della forma in modo da realizzare, almeno in certe posizioni, la massima resistenza all'affondamento; o con l'associazione in colonie, per accrescere l'attrito dell'insieme.

D'altro canto l'intervento di meccanismi fisiologici, quali l'elaborazione di inclusioni lipidiche o un'estesa vacuolizzazione del citoplasma, favorisce una diminuzione del peso specifico a beneficio di un alleggerimento e quindi di un migliore galleggiamento.

Come s'è già accennato, il fitoplancton trae l'energia necessaria alla sintesi cellulare dalle radiazioni solari; lo stesso dicasi per il fitobentos. Pertanto tutti i vegetali marini sono localizzati negli strati d'acqua interessati da una buona illuminazione. Ma non per questo si deve credere che la loro densità sia maggiore in corrispondenza dei livelli più superficiali, dove le radiazioni sono più forti, e si hanno tutte le lunghezze d'onda, e che vi sia una riduzione quantitativa dei popolamenti algali procedendo verso il basso. In effetti la massima concentrazione vegetale è situata a profondità variabili da zona a zona, mai comunque in corrispondenza della superficie, in quanto un'intensità luminosa troppo elevata ha un effetto inibitore sulla fotosintesi, il che sembra dovuto in parte all'attivazione di enzimi che decompongono le clorofille per foto-ossidazione. Ma sulla distribuzione verticale del fitoplancton, oltre all'illuminazione, possono intervenire anche altri fattori, quali il tenore in nutrimenti o certe esigenze fisiologiche delle stesse cellule vegetali.

Per quanto concerne invece le variazioni nella distribuzione orizzontale, se si prescindere da considerazioni generali di carattere climatico, ricollegabili essenzialmente alla latitudine, esiste a livello locale tutta una serie di fattori edafici che determinano un'azione combinata sulla dinamica dei popolamenti fitoplanctonici. Tale azione, se limitata, dà luogo a modifiche in seno ad un certo popolamento, se esasperata, può portare alla so-

stituzione di una fitocenosi con un'altra più idonea.

Non si possono dimenticare infine le variazioni di carattere temporale, variazioni che risultano particolarmente evidenti alle medie latitudini, dove le stagioni sono maggiormente differenziate (cicli stagionali).

Temperatura, quantità di luce disponibile, intesa anche come durata del dì, condizioni meteorologiche, concentrazione dei sali nutritivi sono dunque tutti elementi di cui si deve tener conto nella distribuzione fitoplanctonica sia verticale che orizzontale nonché stagionale.

3) I fattori che più influenzano la vita del fitoplancton

I fattori ambientali che rivestono una particolare importanza nei confronti degli organismi vegetali planctonici, influenzandone la crescita e lo sviluppo, possono essere suddivisi in tre grandi gruppi: a) fattori fisici (luce, temperatura, viscosità, densità); b) fattori chimici (salinità, gas disciolti, nutrienti); c) fattori idrodinamici (correnti orizzontali e verticali).

Luce

Le radiazioni comprese tra 400 e 750 nm ⁽¹⁾, allorché penetrano attraverso gli strati d'acqua subiscono un assorbimento; tale assorbimento dipende dall'illuminazione totale che arriva in superficie, dalla lunghezza d'onda, dalla profondità e da un coefficiente detto appunto di assorbimento.

Una perdita importante di energia è provocata da fenomeni di riflessione e di diffusione. Stato della superficie del mare, quantità di materiale in sospensione, inclinazione dei raggi solari possono accentuare in un senso o nell'altro l'illuminazione che arriva ad una certa profondità e quindi limitare od estendere lo strato fotosinteticamente utilizzabile.

A ciò si deve aggiungere l'aspetto qualitativo che comporta un decremento progressivo delle varie lunghezze d'onda che compongono lo spettro del visibile. In via generale si può ritenere che l'assorbimento delle radiazioni sia tanto più grande quanto maggiore è la lunghezza d'onda, anche se tale concetto non è sempre rigorosamente valido. Sono in verità le radiazioni rosse quelle che vengono

assorbite più rapidamente e con maggiore intensità; quelle più penetranti sono invece le radiazioni blu, seguite in ordine decrescente da quelle verdi e da quelle gialle. Esiste tuttavia a questo riguardo una certa differenza tra acque neritiche e acque oceaniche: si ritiene infatti che le condizioni di trasmissione più favorevoli si aggirino intorno a 560 nm per le acque prossime alla costa e intorno a 480 nm per le acque al largo.

Temperatura

Pur essendo alquanto lenta e ritardata, esiste una stretta subordinazione del mezzo acquatico alle condizioni climatiche generali, soprattutto nei livelli più prossimi alla superficie; i movimenti verticali possono però estendere anche in profondità le variazioni termiche che si verificano in corrispondenza dell'interfaccia aria-acqua, così come le correnti orizzontali possono spostare su grandi distanze masse d'acqua da una regione ad un'altra.

La temperatura gioca un ruolo essenziale sulla biologia delle cellule vegetali planctoniche: per ogni specie esiste infatti un intervallo termico, più o meno ampio, entro cui si realizzano le funzioni vitali, comprese quelle riproduttive, con un rendimento massimo in corrispondenza della temperatura ottimale.

Le variazioni termiche determinano una selezione geografica di tutti gli organismi fitoplanctonici; si possono infatti distinguere specie termofile, che prediligono acque tendenzialmente calde, e specie psicrofile, che vivono in acque piuttosto fredde. I limiti di tolleranza variano da specie a specie: sono in genere più ampi nelle forme presenti alle medie latitudini, dove più differenziate sono le stagioni, e nelle acque neritiche, maggiormente soggette all'influenza delle masse continentali. Tali forme vengono definite euriterme rispetto a quelle meno tolleranti che sono dette invece stenoterme (calde o fredde

⁽¹⁾ I colori elementari dello spettro visibile presentano le seguenti lunghezze d'onda: < 380 nm = ultravioletto; 397 nm = viola; 431 nm = indaco; 486 nm = verde-azzurro; 527 nm = verde; 589 nm = giallo; 656 nm = rosso arancio; 687 nm = rosso vivo; 750 nm = rosso cupo; > 800 nm = infrarosso.

a seconda dei casi, come s'è accennato sopra).

In linea generale si osserva una grande varietà di forme nelle acque calde mentre in quelle fredde si ha una riduzione del numero di specie, pur aumentando considerevolmente il numero degli individui. Evidentemente tra zone estreme esiste tutta una serie di condizioni intermedie, variabili nel tempo e pertanto determinanti sulla densità e sulla composizione delle comunità pelagiche.

Viscosità e densità

La viscosità rappresenta la resistenza che si oppone ad ogni spostamento molecolare o particellare e quindi esercita un'azione diretta sulla vita degli organismi in sospensione. Infatti, oltre che sui processi biologici, che vengono influenzati dalle variazioni delle caratteristiche fisico-chimiche, variazioni determinate dal trasferimento di masse d'acqua e da scambi molecolari, la viscosità influisce sui particolari adattamenti morfologici degli organismi pelagici per rallentare l'affondamento.

La densità, che rappresenta il rapporto tra la massa e il volume di un dato corpo, dipende nel caso delle acque marine da tre variabili: temperatura, salinità, pressione. A prescindere da quest'ultima, che ai fini pratici ha un significato relativo in considerazione dell'incompressibilità dei liquidi, la temperatura e la salinità determinano, in senso contrapposto, variazioni rilevanti della densità e conseguentemente una stratificazione idrica spesso assai marcata. Per la densità esistono quindi variazioni sia geografiche che verticali; in ogni caso molte sono le perturbazioni a livello locale che talora possono assumere un ruolo prevalente rispetto all'influenza reciproca dei due fattori suddetti.

Salinità

La salinità nei mari si aggira intorno al 35 ÷ 37‰, ma soprattutto in prossimità delle terre emerse intervengono diversi fattori, quali l'apporto di acque fluviali o di acque di dilavamento dovute alle precipitazioni, che determinano variazioni anche rilevanti. Le acque molto al largo, in particolare quelle oceaniche, si sottraggono a tale influenza, vuoi per la distanza, vuoi soprattutto per la notevole massa che le caratterizza.

La salinità varia poi anche in funzione

della profondità: si deve infatti ricordare che il tenore salino, unitamente alla temperatura, influenza la densità e quindi la stratificazione delle acque.

Come già per la temperatura, si deve ritenere che la vita degli organismi marini sia compatibile con un intervallo di salinità delimitato da un minimo e da un massimo. Queste esigenze consentono di distinguere due gruppi: organismi stenoalini e organismi eurialini, che sopportano rispettivamente variazioni saline ridotte oppure ampie. Gli organismi stenoalini sono generalmente caratteristici delle acque profonde o delle acque di mare aperto, più costanti al riguardo; le specie eurialine hanno invece un'area di diffusione molto più ampia.

Da ricordare poi che le esigenze degli organismi nei confronti della salinità possono essere diverse a seconda degli stadi del loro ciclo vitale.

In conclusione, la salinità agisce sulla ripartizione e sulla selezione delle specie pelagiche, come pure sull'attività fisiologica degli organismi e sulla loro morfologia.

Gas disciolti

La quantità di ossigeno e anidride carbonica nelle acque è regolata da diversi fattori, sia a livello degli esseri viventi che dell'ambiente; alcuni di questi fattori agiscono positivamente, altri negativamente.

I processi biologici che influenzano tale quantità sono le fotosintesi e la respirazione, la prima esclusiva degli organismi autotrofi, cioè dei vegetali, la seconda propria sia dei vegetali che degli animali.

Evidentemente la produzione di O_2 è per lo più limitata alle zone superficiali, dove, grazie all'energia luminosa, si esplica una certa attività clorofilliana. A partire da una data profondità, in cui produzione e consumo si equilibrano (livello di compensazione), intervengono solo fenomeni respiratori, che oltre a sottrarre ossigeno all'ambiente determinano un innalzamento della quantità di CO_2 ; questa d'altra parte è incrementata anche dalla degradazione di tutti gli organismi che dopo la morte decantano sul fondo.

L'anidride carbonica tende dunque ad accumularsi nelle acque profonde che costituiscono una vera e propria riserva al riguardo. Non si deve dimenticare che tale composto viene utilizzato da parte dei vegetali nel-

la formazione delle molecole organiche e che i movimenti verticali delle acque possono favorirne lo sfruttamento trasportandone un certo quantitativo verso la superficie.

Esiste pertanto tra le acque superficiali e quelle profonde una differenza sostanziale per quanto concerne i gas disciolti, il che non è privo d'importanza nei confronti dei vari fenomeni biologici. Purtuttavia i movimenti delle acque, in particolare le correnti sia verticali che orizzontali, possono trasportare i gas disciolti lontano dal luogo in cui sono stati prodotti, agevolando in tal modo un loro aumento dove sono deficitari o un depauperamento dove sono sovrabbondanti, con beneficio, grazie a tale omogeneizzazione, per tutto il sistema marino.

Nella zona eufotica l'ossigeno subisce delle oscillazioni sia stagionali, in rapporto alla diversa concentrazione di cellule vegetali, sia giornaliere, in relazione all'attività fotosintetica (ritmi nictemerali).

La quantità di gas disciolti può dipendere anche dalle proprietà del mezzo (fattori abiotici), in particolare dalla temperatura che agisce in maniera diretta sulla loro pressione parziale e pertanto indirettamente sulla loro solubilità: nei periodi caldi si può constatare infatti una diminuzione delle loro percentuali di saturazione.

Sali nutritivi

Tra gli elementi necessari costitutivi della materia vivente sono da annoverare l'azoto e il fosforo. I vegetali dovranno pertanto reperire nelle acque del mare quantità sufficienti di questi due elementi, oltre naturalmente ad altre sostanze, affinché si realizzino i processi di organizzazione inerenti l'attività clorofilliana.

Non sempre però il tenore in sali nutritivi è ottimale: specialmente nelle aree oceaniche si verificano spesso carenze, soprattutto di fosfati, carenze che possono dimostrarsi limitanti per lo sviluppo del fitoplancton. Infatti la concentrazione del fosforo, ancor più che quella dell'azoto, è alquanto ridotta e, dove non esistono sorgenti di «riciclaggio», si raggiunge facilmente un esaurimento con conseguenze negative per la vita vegetale.

Si sa che le fonti di nutrienti sono le acque provenienti dalle terre emerse e i fondali della piattaforma continentale ⁽²⁾, dove la degradazione della materia organica ad

opera dei batteri, con rigenerazione sotto forma minerale di composti di carbonio, azoto e fosforo, è particolarmente attiva e dove la profondità non eccessiva e l'intensità dei movimenti idrici ne permettono una utilizzazione più immediata. È proprio per questo che le acque della provincia neritica risultano particolarmente ricche di tali composti, soprattutto nelle zone costiere più antropizzate.

Purtuttavia un incremento trofico eccessivo rappresenta un fatto tutt'altro che auspicabile: quando si superano determinate concentrazioni si ha una rottura dell'equilibrio tra ambiente e organismi con regressione improvvisa ed accentuata di alcune componenti del sistema e conseguentemente con effetti perniciosi in tempi successivi.

Senza addentrarsi in un discorso sulla distribuzione batimetrica dei composti di azoto e di fosforo, distribuzione che peraltro deve tener conto di situazioni locali assai variabili anche in aree geograficamente vicine, dal punto di vista temporale si può osservare una certa periodicità in relazione ai cicli di sviluppo degli organismi autotrofi, specialmente dove non si hanno rilevanti apporti alloctoni. I massimi si verificano nelle stagioni di stasi vegetale quando il consumo è relativamente basso; al momento, durante e dopo la ripresa di una intensa attività fotosintetica (primavera ed estate) si registrano decrementi apprezzabili, soprattutto a quei livelli interessati dalla presenza degli organismi utilizzatori (zona eufotica).

Idrodinamismo

Le correnti, oltre ad agire sulle condizioni fisiche e chimiche del mezzo pelagico, portano a migrazioni passive dei popolamenti fitoplanctonici, spesso su grandi distanze e quindi tra regioni assai diverse dal punto di vista ambientale. Ciò determina una evoluzione spaziale delle *facies* planctoniche con adattamento, regressione o sostituzione di certe specie con altre più adatte.

D'altra parte l'apporto di masse d'acqua

(2) Solo nel caso di fenomeni di risalita di acque profonde (up-welling) possono venire utilizzate le sostanze che si formano in corrispondenza del pendio continentale o della pianura abissale.

a salinità più bassa o ricche di nutrienti può dar luogo in alcuni casi ad una proliferazione vegetale massiva. Lo stesso dicasi ogniqualevolta correnti ascensionali rinnovano gli strati d'acqua superficiali per ciò che concerne le riserve trofiche.

Parte II

1) Metodi di raccolta

La ricerca può avere un duplice indirizzo in relazione allo scopo che si prefigge:

- a) qualitativo, per conoscere la composizione delle fitocenosi planctoniche presenti in una certa zona;
- b) quantitativo, per valutare numericamente la densità fitoplanctonica e ricavare dati riguardanti le capacità di produzione dei corpi idrici presi in esame.

Evidentemente già al momento del campionamento si deve tener conto dell'indirizzo prescelto, in quanto diverse sono le tecniche e le attrezzature di possibile impiego.

Nello studio qualitativo poco importa conoscere esattamente il volume d'acqua campionato, anche se le probabilità di avere un profilo tipologico più completo sono incrementate da un aumento di tale volume, compatibilmente con gli inconvenienti che ne derivano e cui si accennerà più avanti.

Per concentrare il materiale già al momento della raccolta si usano delle reti a maglie molto ridotte e variabili in rapporto alle dimensioni degli organismi che si vogliono raccogliere. In linea di massima per il fitoplancton marino si adottano retini conici o a doppio cono, confezionati con tessuti in nylon tali da conservare inalterata l'apertura dei pori filtranti anche una volta bagnati. Il diametro o meglio il lato di tali aperture si aggira solitamente intorno a 50 micron e ciò anche se alcuni organismi presentano dimensioni minori (nannoplancton); d'altra parte non è possibile o quanto meno è problematico adottare retini a maglie più ridotte poiché si occludono rapidamente, non filtrando più l'acqua che entra dalla bocca e provocando fenomeni di rigurgito con conseguente fuoruscita anche del materiale già entrato.

Velocità e tempo di traina sono stabiliti di volta in volta in relazione al tipo di natan- te, alle correnti e al materiale in sospensione.

In ogni caso per raccolte orizzontali in superficie si deve fare in modo di mantenere la bocca del retino poco al di sotto del pelo dell'acqua, evitando il rigurgito, operando per una durata di circa 3 minuti.

Tralasciando di considerare le retinate a profondità intermedie o radenti il fondale, tutte di difficile esecuzione, per avere un profilo qualitativo del fitoplancton presente in tutta la colonna d'acqua a partire dal fondo o da un livello prefissato, si può calare il retino verticalmente, zavorrato in modo opportuno, e quindi tirarlo lentamente verso l'alto.

È chiaro che risulta molto difficile poter dare in entrambi i casi, ma soprattutto nel primo, una valutazione del volume d'acqua filtrato e quindi ogni stima appare assai problematica.

Per il conteggio è preferibile raccogliere il fitoplancton con opportune bottiglie, dette appunto preleva-campioni, che possono essere calate a varie profondità e comandate a distanza; di tali bottiglie esistono in commercio diversi modelli che, oltre ad avere un volume differente, si discostano anche dal punto di vista tecnico e operativo. Presentano tuttavia una prerogativa comune: il campione non è soggetto ad alcuna manipolazione e perciò è possibile risalire con maggiore precisione al numero di cellule presenti in un certo volume unitario (per esempio, in un litro d'acqua).

Un siffatto prelievo ha però un carattere puntiforme: in considerazione del piccolo volume preso in esame non permette di trarre delle conclusioni attendibili circa la composizione dei popolamenti fitoplanctonici. Infatti la probabilità di ritrovare le specie meno rappresentate è proporzionale al volume del campione; ma anche le forme più frequenti possono sfuggire in quanto il campionamento si riferisce a determinati livelli più o meno distanziati, che casualmente possono presentare popolamenti molto diversi, anche dal punto di vista numerico, e ciò tanto più quanto più netta è la stratificazione delle acque. Pertanto è opportuno effettuare raccolte con retino anche in senso verticale, pur non rendendo tale operazione ragione dei livelli preferenziali da parte delle singole specie.

Una volta riposto il campione d'acqua in un recipiente (sono preferibili bottiglie in

polietilene, etichettate con l'indicazione della data, ora e luogo, nonché del tipo di raccolta), vi si aggiunge formaldeide in proporzione del 4%, vale a dire 40 ml in un litro d'acqua. Così trattato il materiale può essere conservato a lungo (anche diversi mesi o qualche anno), fino al momento dello studio al microscopio.

2) Metodi di studio

Possono essere impiegati due tipi di microscopi:

a) normali microscopi, mono e bioculari, provvisti di tavolino traslatore che consente spostamenti del preparato secondo due direzioni ortogonali. Vieni fatta cadere su di un vetrino porta-oggetti una goccia del campione mediante una pipetta Pasteur, ricoprendo quindi con un copri-oggetti. Si pone il preparato sul tavolino del microscopio e mediante traslazioni parallele si scorre l'intera superficie.

Evidentemente la piccolissima quantità d'acqua implica una serie d'inconvenienti facilmente comprensibili; per ovviare alla non infrequente scarsità di organismi si può effettuare una preliminare concentrazione lasciando depositare il materiale sospeso e raccogliendo, dopo allontanamento del surnatante, solo lo straterello d'acqua che si trova sul fondo del recipiente. Naturalmente nel caso di una stima quantitativa si dovrà tener conto di una siffatta riduzione volumetrica; ciononostante gli errori che si accumulano sono tutt'altro che indifferenti. In un'analisi prettamente tassonomica questa metodologia si rivela talvolta vantaggiosa in quanto piccoli spostamenti del copri-oggetti rispetto al supporto consentono di far ruotare gli organismi, osservandoli così da diversi punti di vista e facilitandone la determinazione.

Sempre utilizzando il medesimo tipo di microscopi, un altro metodo, un tempo assai in uso, oggi meno adottato, presuppone l'impiego di speciali camerette, dette di Sedwich-Rafter, del volume di 1 ml, ad incavo sferico nello spessore del vetrino.

Per ovviare comunque agli inconvenienti derivanti da un volume troppo ridotto è possibile concentrare su di un filtro il materiale in sospensione presente in un certo quantitativo d'acqua. Le caratteristiche di tale filienza soddisfacente e la presenza di aree

tro devono soddisfare ad alcune esigenze quali il limitato diametro dei fori, una trasparenza delimitata e di superficie conosciuta allo scopo di facilitare il conteggio senza ricorrere all'osservazione di tutta la superficie filtrante. A tale scopo vengono impiegate membrane calibrate «Millipore», del tipo AAWG 025 00 con fori da 0,8 micron, e un apparato filtrante idoneo. Una volta operata la filtrazione del volume d'acqua desiderato, variabile in funzione della supposta quantità di micro-organismi presenti, si ripone il filtro prima in un recipiente contenente alcool propilico normale per un periodo non inferiore a 30 minuti al fine di ottenere una buona disidratazione e quindi si trasferisce in un secondo recipiente contenente xilolo dove si lascia finché diventa perfettamente trasparente. Il filtro viene quindi fissato con balsamo del Canada su di un vetrino porta-oggetti e quindi ricoperto da un vetrino copri-oggetti.

Questi preparati, su cui devono essere riportati tutti i dati utili alla identificazione del campione, compreso il volume del filtrato, sono stabili e si possono conservare a lungo con indiscutibili vantaggi.

b) microscopi invertiti (così detti in quanto l'osservazione avviene dal basso). Richiedono l'impiego di camere di sedimentazione combinate a volume variabile (da 5 a 100 ml). Si sfrutta la tendenza che hanno le cellule morte a portarsi sul fondo del recipiente e a disporvisi in modo del tutto casuale. Se il fondo della camera di sedimentazione è trasparente e sottile, è possibile osservare il plancton dal basso verso l'alto; pertanto la sorgente luminosa è posta sopra il preparato mentre l'apparato ottico si trova sotto il tavolino traslatore.

La scelta del volume d'acqua da esaminare è in funzione della presumibile concentrazione delle particelle in sospensione in modo da evitare per quanto possibile la sovrapposizione di microrganismi. La durata della sedimentazione è in genere di 3 ore per centimetro di altezza del cilindro.

Lo studio al microscopio comporta la rassegna di tutta la superficie di fondo della camera di sedimentazione nel caso di una indagine prettamente qualitativa mentre in operazioni di conteggio è preferibile l'osservazione di transetti o campi scelti casualmente, di area nota, e ciò al fine di ridurre al

minimo gli errori imputabili a numerazioni prolungate.

Il maggiore inconveniente di questa metodica consiste nell'impossibilità di conservare i preparati effettivamente studiati, escludendo quindi ogni controllo successivo.

Parte III

1) Composizione e classificazione del fitoplancton

Il fitoplancton marino è costituito per la maggior parte da Diatomee e da Dinoflagellate, quest'ultime abbondanti soprattutto nei periodi caldi. Altre fitoflagellate, quali Coccolitine, a scheletro calcareo, e Silicoflagellate, a scheletro siliceo, sono meno rappresentate, anche se, specialmente le prime, possono assumere in taluni casi un ruolo rilevante nell'economia del mare. Cianoficee, Eteroconte e fitoflagellate nude in senso lato sono sempre assai rare o addirittura assenti e pertanto non presentano alcun interesse dal punto di vista della produzione primaria.

Nel presente capitolo vengono trattati pertanto solo i primi quattro gruppi sopra menzionati, in ordine alla loro importanza; di ognuno viene fatta una breve descrizione delle caratteristiche generali e della morfologia esterna, vale a dire di tutti quegli elementi utili alla loro identificazione. Per quel che concerne le notizie sulla struttura interna, sulla fisiologia e sulla riproduzione si rimanda ai trattati di biologia vegetale. Nei paragrafi inerenti la classificazione sono citati solo i generi più significativi, che compaiono cioè con maggior frequenza nelle fitocenosi planctoniche.

a) Diatomee

Si tratta di piccole alghe unicellulari, di forma assai varia, rivestite di una parete di natura pectica impregnata di silice (frustulo). Ogni cellula è costituita da due teche che s'incastrano una nell'altra a guisa di scatola. In ogni teca si distingue una faccia valvare ed una laterale o connettivale, in cui si possono individuare delle cinture pleuriche e delle bande intercalari, anulari o a forma di scaglie. La superficie del frustulo presenta una ornamentazione più o meno evidente, che appare sotto forma di pori o alveoli a costituire un reticolo o una serie di linee;

tale ornamentazione può essere messa in relazione con lo spessore e il grado di silicizzazione. Spesso si hanno delle concamerazioni caratteristiche che si aprono sia verso l'esterno che verso l'interno. In alcune specie la disposizione di tali ornamentazioni è raggiata, in altre è simile a quella di una penna; la maggior parte di quest'ultime presenta una fessura longitudinale, variamente sviluppata (rafe), con tre noduli, uno centrale e due polari.

La sistematica è basata appunto sulla presenza o assenza della rafe e sull'ornamentazione delle valve (Hustedt, 1930-1959; Bourrelly, 1968). Le Diatomee possono essere distinte e in due sottoclassi: *Centricae* e *Pennatae*. Le prime, a simmetria raggiata, senza rafe, con valve circolari o poligonali, presentano tre ordini: *Discoideae*, *Solenioideae*, *Biddulphioideae*; le seconde, a simmetria bilaterale, generalmente provviste di rafe o pseudorafe, di forma allungata con contorno ellittico o lanceolato, sono suddivise in quattro ordini: *Araphideae*, *Raphidioideae*, *Monoraphideae*, *Biraphideae*.

1) Centricae

I) *Discoideae* - Presentano una forma lenticolare o cilindrica con cellule sprovviste di corni o appendici allungate. Possono essere isolate o riunite in catene più o meno lasse tramite una sostanza gelatinosa. I generi più significativi sono *Melosira* e *Coscinodiscus*. Frequenti nei mari italiani anche le specie *Skeletonema costatum* e *Asterolampra marylandica*.

II) *Solenioideae* - I frustuli sono di forma cilindrica a sezione circolare o ellittica, scarsamente silicizzati, con sculture poco evidenti, senza appendici, talvolta con setole apicali. In alcuni generi (*Rhizosolenia*) si possono avere numerose bande intercalari, anulari o in scaglie. Anche in questo ordine le cellule sono isolate o in catene serrate. Tra i generi che compaiono con maggiore frequenza si possono citare *Leptocylindrus*, *Lauderia*, *Guinardia*, *Rhizosolenia*.

III) *Biddulphioideae* - Le cellule hanno la forma di una scatola, in genere schiacciata, con polarità bina, trina o multipla per la presenza di sporgenze, setole o corni, che possono contribuire a formare delle catene. La sezione trasversale può essere circolare, poligonale o ellittica; mancano quasi sempre le

bande intercalari. I generi maggiormente rappresentati sono *Bacteriastrum*, *Chaetoceros*, *Biddulphia*, *Hemiaulus*.

2) Pennatae

I) *Araphideae* - Bastoncellari o prismatiche, senza rafe o con pseudorafe sotto forma di un'area longitudinale ialina, possono presentarsi unite a stella, a zig-zag, a ventaglio, a tappeto. Comprendono forme per lo più bentoniche o epifite, che possono tuttavia trovarsi di frequente anche nel plancton, soprattutto nella provincia neritica come, ad esempio, i generi *Rhabdonema*, *Tabellaria*, *Striatella*, *Grammatophora*, *Licmophora*, *Synedra*, *Thalassionema*, *Thalassiotrix*, *Asterionella*.

II) *Raphidioideae* - Almeno una delle due valve presenta un abbozzo di rafe. Mancano i noduli centrali, mentre quelli apicali sono per lo più piccoli e poco definiti. Si tratta comunque di forme poco frequenti e scarsamente significative, essenzialmente dulciacquicole (*Eumotia*).

III) *Monoraphideae* - Una valva è provvista di vera rafe che dal nodulo centrale si diparte fino ai noduli polari; l'altra valva è senza rafe o con pseudorafe. I generi più importanti sono *Cocconeis* e *Achnanthes*.

IV) *Biraphideae* - Le due valve sono identiche e provviste entrambe di una vera rafe, canaliculata o non, con noduli talora molto evidenti. La rafe può essere assiale mediana (*Diploneis*, *Navicula*, *Gyrosigma*, *Pleurosigma*, *Amphora*) o laterale (*Hantzschia*, *Nitzschia*) o anche periferica tutt'intorno a ciascuna valva (*Cymatopleura*, *Surirella*).

b) Dinoflagellate

È una classe che presenta una grande varietà di forme. Alcune hanno il corpo cellulare nudo, altre avvolto da una sottile membrana, altre ancora (e sono la maggior parte) posseggono una parete alquanto rigida, variamente conformata, di natura cellulosa. In quest'ultima forme generalmente si distinguono due calotte costituite da più placche poligonali: il loro numero e la loro disposizione sono caratteri importanti dal punto di vista tassonomico. Ogni placca presenta un fine reticolo e si unisce a quelle contigue mediante suture più o meno marcate. Spesso è facilmente distinguibile sulla super-

ficie esterna della teca il cosiddetto «apparato flagellare», formato da due solchi, longitudinale e trasversale, in cui trovano posto i flagelli, che imprimono movimenti di rotazione e progressione a questi organismi.

La sistematica fa riferimento ai caratteri morfologici o, nelle forme provviste di teca, alla forma e disposizione delle placche scheletriche; alcune difficoltà di ordine tassonomico possono derivare dal fatto che esiste un grande numero di forme «ecologiche» o legate a variazioni stagionali, con caratteri intermedi. Per semplicità, pur nei limiti di alcune incongruenze, si riporta la classificazione proposta da Schiller (1933-1937), che divide le Dinoflagellate in due sottoclassi: *Desmocontae*, con quattro ordini, di cui i più significativi sono *Thecatales* e *Dinophysiales*, e *Dinophyceae*, con *Peridinales* in particolare evidenza.

1) Le *Desmocontae* hanno una cellula costituita da due calotte di natura cellulosa, senza alcuna differenziazione in placche. Mancano solchi veri e propri e i flagelli s'inseriscono in posizione apicale. I generi più rappresentati o che compaiono con maggior frequenza sono *Exuviaella*, *Prorocentrum*, *Phalacroma*, *Dinophysis*, *Ornithocercus*.

2) Le *Dinophyceae* sono caratterizzate da una parete, generalmente cellulosa, formata da un certo numero di placche, la cui disposizione, se visibile, può costituire un importante elemento tassonomico. Hanno un solco longitudinale ed uno trasversale, detto anche cingolo, con flagelli che s'inseriscono sempre ventralmente. Per diffusione ed abbondanza si possono citare i generi *Pyrophacus*, *Peridinium*, *Goniaulax*, *Ceratium*, *Goniodoma*, *Pololampas*.

c) Silicoflagellatae

Di piccole dimensioni (10-50 μ), provviste di un solo flagello, sono caratterizzate dalla presenza di uno scheletro siliceo, formato da elementi tubolari a costituire una struttura distinta in due parti: una, basale, rappresentata da un anello poligonale con corni agli apici, ed una, a forma di cupola fenestrata, che rappresenta l'apparato apicale. Questo scheletro nell'insieme è soggetto ad una grande variabilità dovuta probabilmente ai processi di neoformazione dell'anello basale; ciò ha portato all'insorgenza di un certo

numero di varietà appartenenti alla stessa specie.

La sistematica è alquanto semplice (Tregouboff & Rose, 1957): un solo genere (*Dictyocha*) con quattro specie, individuabili in rapporto al numero dei lati dell'anello basale. In *D. fibula*, infatti, essi sono 4 o 5, in *D. speculum* 6, in *D. octonaria* 8, in *D. polyactis* 9. Ogni lato può essere provvisto di spine di sostegno.

d) *Coccolithinae*

Si tratta di piccole flagellate, di dimensioni mediamente comprese tra 5 e 50 μ , provviste di uno scheletro costituito da elementi calcarei. La forma delle cellule può essere sferoidale o allungata o piriforme, limitata all'esterno da una membrana di tipo mucillaginoso in corrispondenza della quale si trovano le placchette scheletriche o coccoliti, di forma diversa a seconda della specie; la disposizione di tali coccoliti concorre a determinare un guscio esterno continuo o discontinuo. In base alla loro forma vengono distinti diversi tipi di coccoliti, che possono coesistere anche nello stesso individuo.

Lo studio delle Coccolitine è alquanto difficile: trattandosi di organismi nannoplanc-tonici, esige l'impiego di metodi di raccolta e di osservazione particolari, pur comparendo spesso anche nei campioni raccolti con le tecniche consuete.

La sistematica, basata sulla forma del guscio e dei coccoliti, è stata oggi in parte rivista in seguito agli studi a luce polarizzata

sulla struttura submicroscopica dei coccoliti stessi (Tregouboff & Rose, 1957), per cui si possono distinguere due ordini (*Heliolithae* e *Ortholithae*) a seconda dell'aspetto sferoidale o cristallino che presentano gli elementi calcarei. I generi più comuni appartengono per lo più al primo gruppo: *Pontosphaera*, *Calypptosphaera*, *Syracosphaera*, *Coccolithus*, *Rhabdosphaera*.

BIBLIOGRAFIA

- BOURELLY P., (1968): *Les Algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. II - Les Algues jaunes et brunes*. Boubée & Cie Ed., Paris, 428 pp.
- HUSTEDT F., (1930-1959): *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. in *Rabenhorst's Kryptogamenflora*, Akad. Verlag., Leipzig, 1 (920 pp.) e 2 (845 pp.) (in continuazione).
- SCHILLER F., (1933-1937): *Dinoflagellatae (Peridineae)*, in *Rabenhorst's Kryptogamenflora*, Akad. Verlag., Leipzig, 1 (617 pp.) e 2 (589 pp.).
- TREGOUBOFF G. & ROSE M., (1957): *Manuel de Planctonologie Méditerranéenne*. C.N.R.S., Paris, 1 (587 pp.) e 2 (207 pl.).

L'Autore:

Dott. Claudio Tolomio, Istituto di Botanica e Fisiologia vegetale dell'Università di Padova.
Foto dell'Autore.

Le tavole illustrative da pag. 20 a pag. 31.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

Nelle tavole I-VI sono riportati, in ordine sistematico, quasi tutti i generi di Diatomee, Dinoflagellate e Silicoflagellate che si trovano nelle acque costiere italiane.

Il tratto di linea posto nell'angolo inferiore sinistro di ogni figura rappresenta una lunghezza pari a 10 μ , salvo diversa indicazione.

TAVOLA I

DIATOMEAE CENTRICAE

Discoideae

- 1) *Melosira moniliformis* (Müll.) Ag.: colonia in veduta connettivale.
- 2) *Stephanopyxis turris* (Grev. & Arn.) Ralfs: colonia in veduta connettivale.
- 3) *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl.: colonia in veduta connettivale.
- 4) *Coscinosira polycorda* Gran: a) faccia valvare; b) colonia in veduta connettivale.
- 5) *Thalassiosira gravida* Cl.: colonia in veduta connettivale.
- 6) *Thalassiosira nordenskioldi* Cl.: colonia in veduta connettivale.
- 7) *Coscinodiscus oculus iridis* Ehr.: faccia valvare (particolare).
- 8) *Coscinodiscus radiatus* Ehr.: faccia valvare.
- 9) *Actinopterychus adriaticus* Grun. v. *balearica* Grun.: faccia valvare.
- 10) *Asterolampra marylandica* Ehr.: faccia valvare.
- 11) *Asteromphalus heptactis* (Bréb.) Ralfs: faccia valvare.
- 12) *Aulacodiscus kittoni* Arn.: faccia valvare.
- 13) *Auliscus coelatus* Bail.: faccia valvare.
- 14) *Actinocyclus ellipticus* Grun.: faccia valvare.

Solenioideae

- 15) *Lauderia borealis* Gran: colonia in veduta connettivale.
- 16) *Leptocylindrus danicus* Cl.: colonia in veduta connettivale.

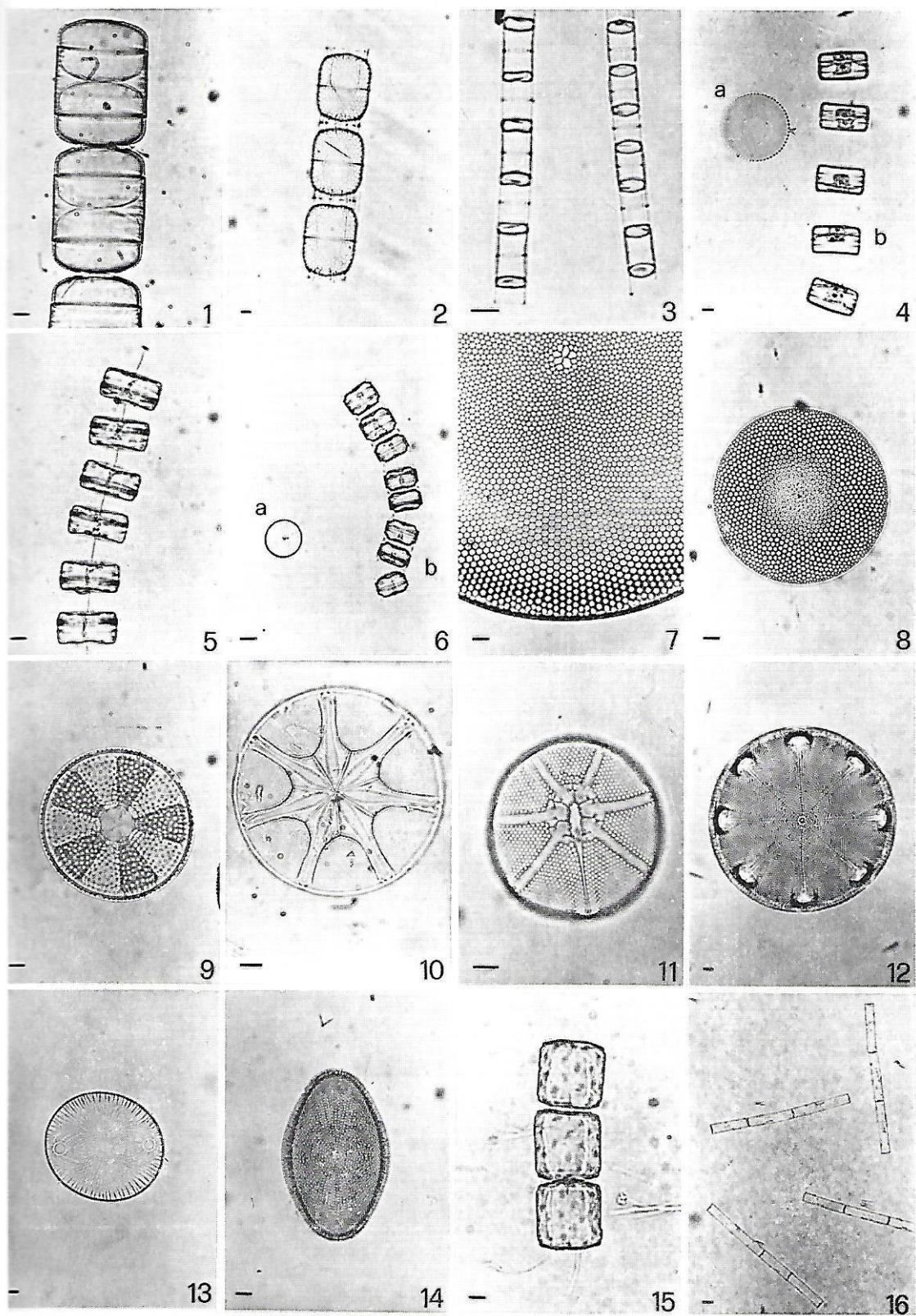


TAVOLA II

Solenioideae

- 17) *Guinardia flaccida* (Castr.) Per.: faccia connettivale.
- 18) *Rhizosolenia alata* Brightw.: faccia connettivale.
- 19) *Rhizosolenia styliformis* Brightw.: faccia connettivale.

Biddulphioideae

- 20) *Bacteriastrium hyalinum* Laud.: faccia valvare.
- 21) *Bacteriastrium varians* (?) Laud.: faccia valvare.
- 22) *Chaetoceros brevis* Schütt: colonia in veduta connettivale.
- 23) *Chaetoceros lorenzianus* Grun.: colonie in veduta connettivale.
- 24) *Eucampia zodiacus* Ehr.: colonia in veduta connettivale.
- 25) *Ditylum brightwelli* (West) Grun.: faccia connettivale.
- 26) *Triceratium antediluvianum* (Ehr.) Grun.: faccia valvare.
- 27) *Triceratium favus* Ehr.: faccia valvare.
- 28) *Biddulphia aurita* (Lyngb.) Bréb. & God.: faccia connettivale.
- 29) *Biddulphia pulchella* Gray: faccia connettivale.
- 30) *Cerataulus turgidus* Ehr.: faccia connettivale.
- 31) *Isthmia enervis* Ehr.: faccia connettivale.
- 32) *Hemiaulus hauckii* Grun.: emiteca in veduta connettivale.

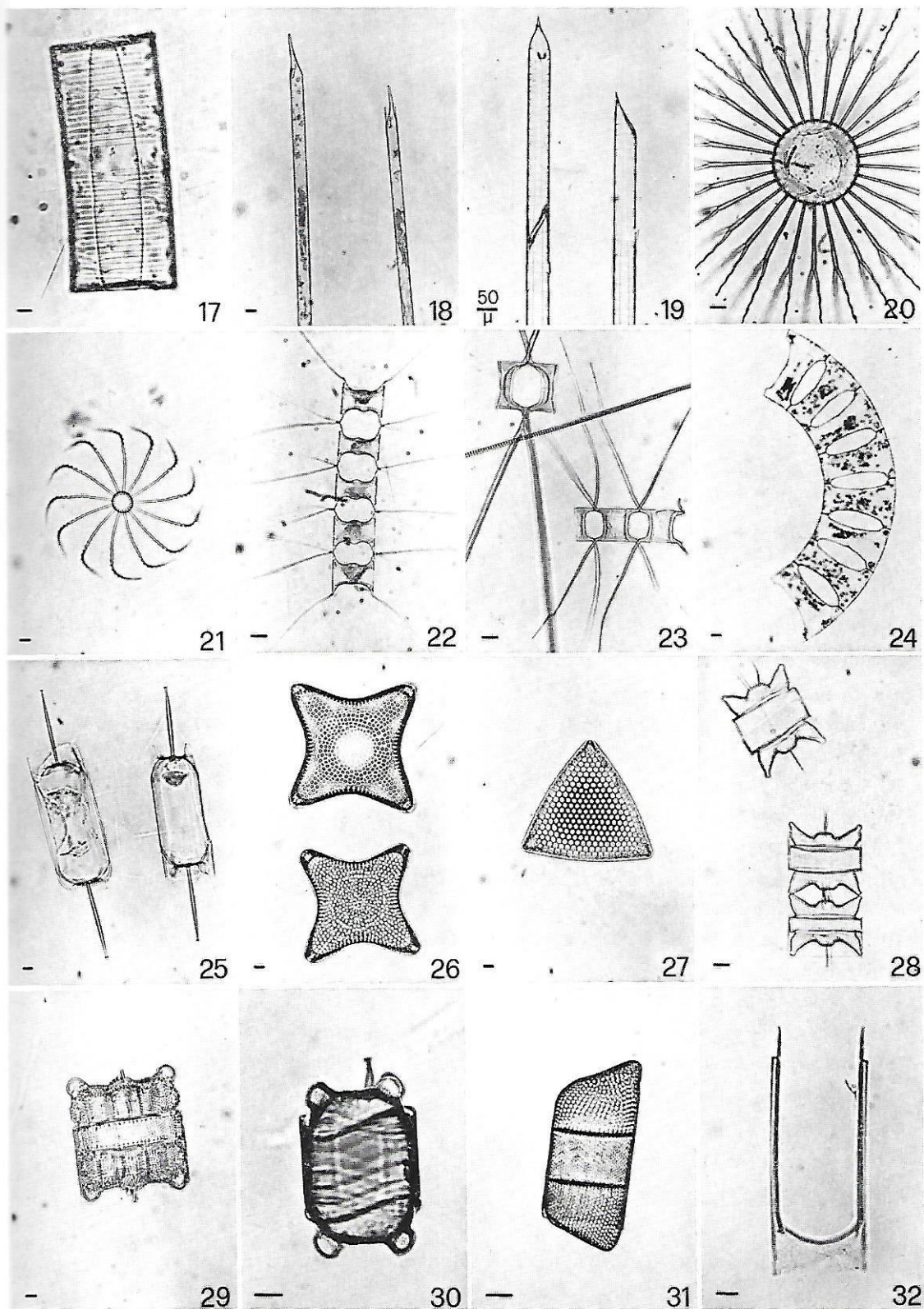


TAVOLA III

DIATOMEAE PENNATAE

Araphideae

- 33) *Rhabdonema adriaticum* Kg.: colonia in veduta connettivale.
- 34) *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kg.: a) faccia connettivale; b) faccia valvare.
- 35) *Striatella unipunctata* (Lyngb.) Ag.: colonia in veduta connettivale.
- 36) *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kg.: faccia connettivale.
- 37) *Grammatophora serpentina* (Ralfs) Ehr.: faccia connettivale.
- 38) *Licmophora flabellata* (Carm.) Ag.: faccia connettivale.
- 39) *Meridion circolare* (Grev.) Ag.: colonia in veduta connettivale.
- 40) *Podocystis adriatica* Kg.: faccia valvare.
- 41) *Synedra pulchella* (Ralfs) Kg.: faccia valvare.
- 42) *Synedra robusta* Ralfs: faccia valvare.
- 43) *Synedra undulata* Bail.: faccia valvare.
- 44) *Thalassiotrix frauenfeldi* Grun.: colonia in veduta connettivale.
- 45) *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib.: colonia in veduta connettivale.

Raphidioideae

- 46) *Eunotia praerupta* Ehr.: faccia valvare.

Monoraphideae

- 47) *Campyloneis grevillei* (W. Sm.) Grun.: a) faccia valvare con rafe; b) faccia valvare senza rafe.
- 48) *Cocconeis costata* Greg.: faccia valvare.

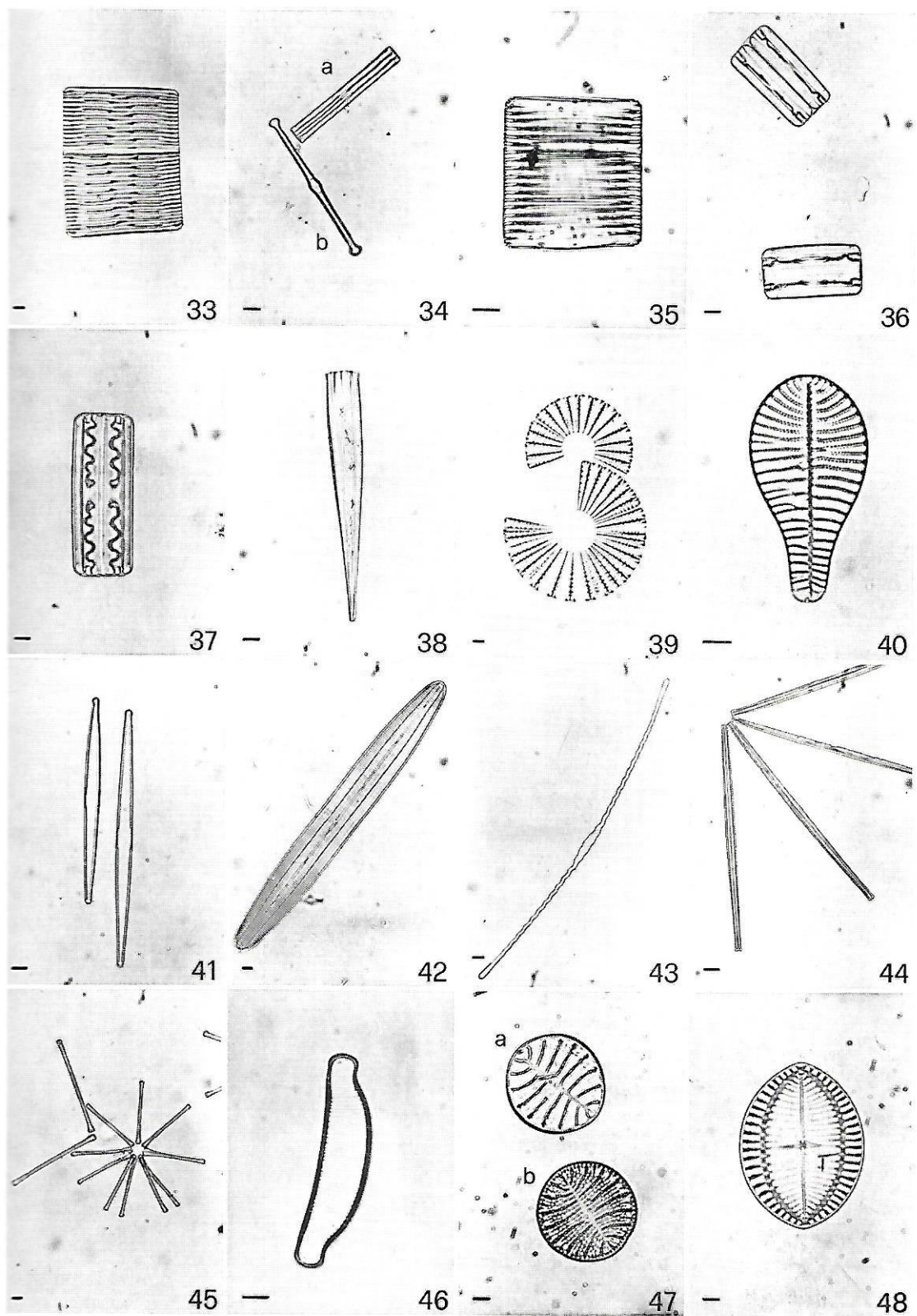


TAVOLA IV

Monoraphideae

- 49) *Achnanthes longipes* Ag.: a) faccia valvare con rafe; b) faccia valvare senza rafe.
50) *Achnanthes longipes* Ag.: colonia in veduta connettivale.

Biraphideae

- 51) *Orthonais splendida* Greg.: faccia valvare.
52) *Mastogloia braunii* Grun.: a) faccia valvare; b) faccia connettivale.
53) *Diploneis crabro* Ehr.: faccia valvare.
54) *Navicula cuspidata* Kg.: faccia valvare.
55) *Navicula digito-radiata* Greg.: faccia valvare.
56) *Navicula lyra* Ehr.: faccia valvare.
57) *Gyrosigma fasciola* Sm.: faccia valvare.
58) *Pleurosigma littorale* Sm.: faccia valvare.
59) *Amphiprora pulchra* Bail. v. *pulchella* Per.: a) faccia valvare; b) emiteca in veduta connettivale.
60) *Tropidoneis lepidoptera* Greg.: faccia valvare.
61) *Auricola amphitritis* Castr.: faccia valvare.
62) *Amphora arenaria* Donk.: faccia connettivale.
63) *Amphora ovalis* Kg.: faccia connettivale.
64) *Epithemia turgida* Kg.: faccia valvare.

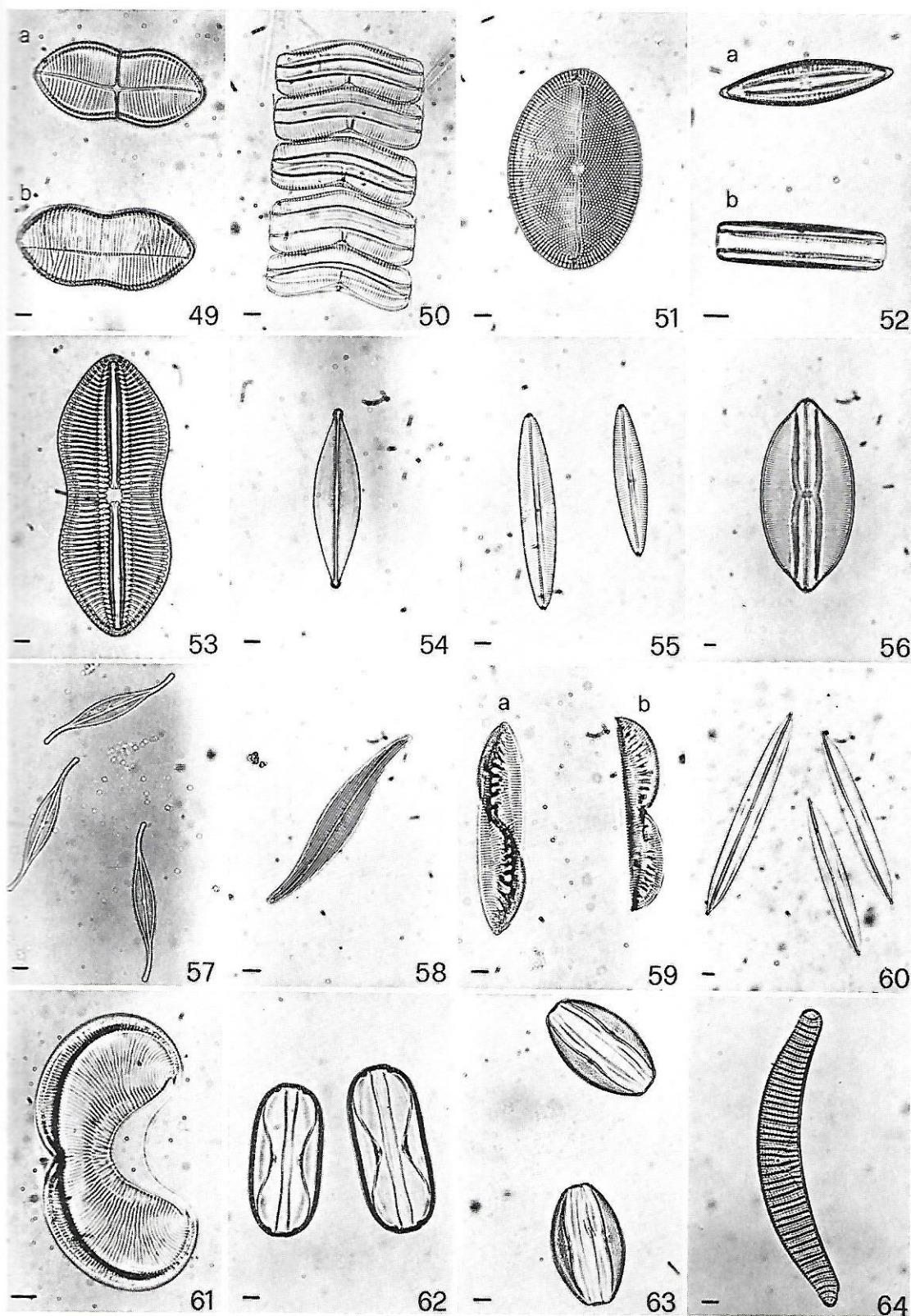


TAVOLA V

Biraphideae

- 65) *Rhopalodia gibba* Kg.: faccia connettivale.
- 66) *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun.: faccia valvare.
- 67) *Nitzschia panduriformis* Greg.: faccia valvare.
- 68) *Nitzschia seriata* Cl.: colonia in veduta valvare.
- 69) *Cymatopleura elliptica* Sm.: faccia valvare.
- 70) *Surirella gemma* Ehr.: faccia valvare.
- 71) *Surirella pandura* Per.: faccia valvare.
- 72) *Campylodiscus biangulatus* Greg.: faccia valvare.

DINOFLAGELLATAE DESMOCONTAE

Thecatales

- 73) *Exuviaella compressa* Ost.
- 74) *Prorocentrum scutellum* Schr.
- 75) *Prorocentrum micans* Ehr. (a) e *Dinophysis caudata* Sav.-Kent (b; Dinophysiales).

Dinophysiales

- 76) *Phalacroma rotundatum* (Clap. & Lachm.) Kof. & Mich.
- 77) *Phalacroma doryphorum* Stein.
- 78) *Dinophysis fortii* Pav.
- 79) *Dinophysis hastata* Stein.
- 80) *Ornithocercus magnificus* Stein.

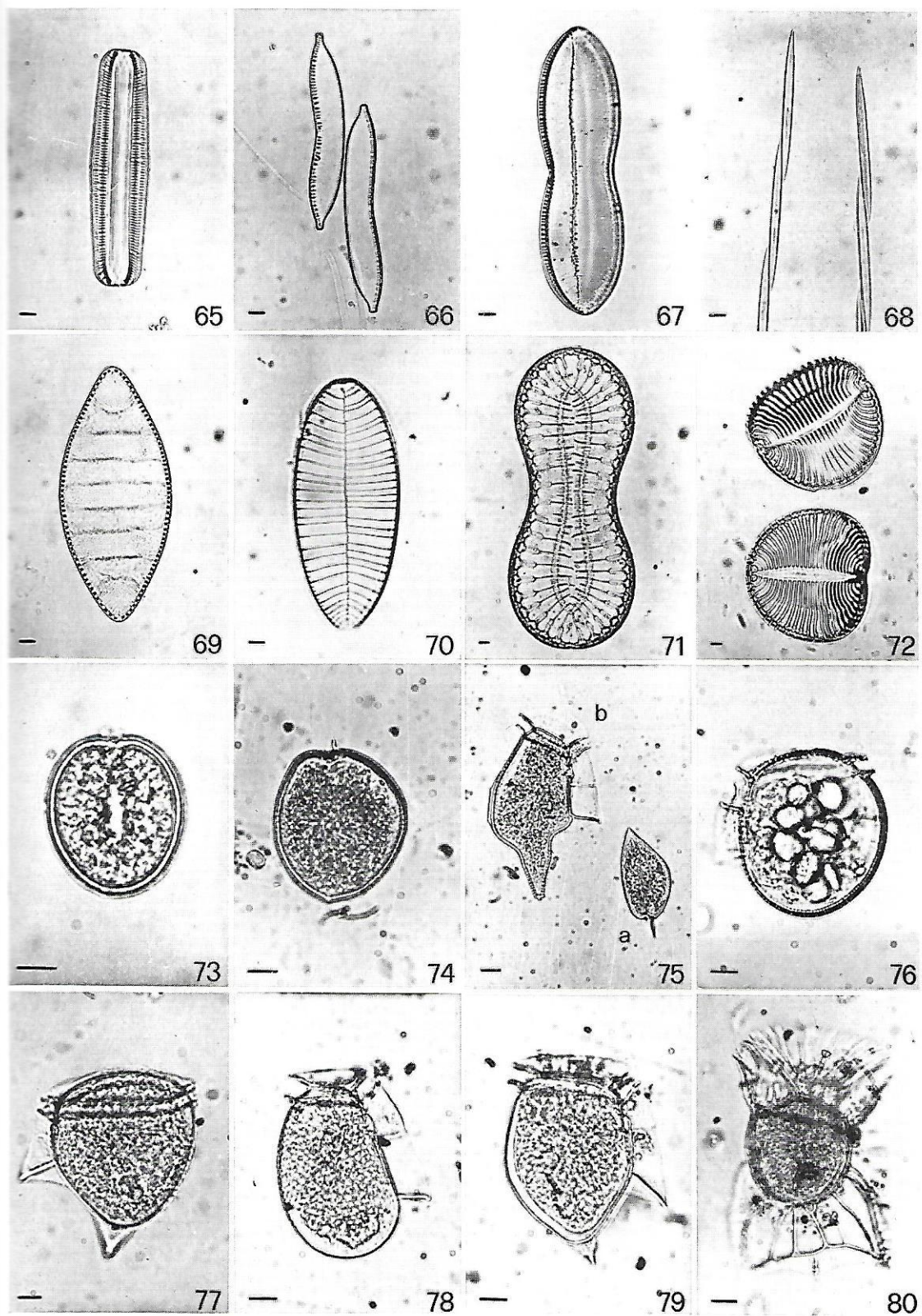


TAVOLA VI

DINOFLAGELLATAE DINOPHYCEAE

Piridiniales

- 81) *Pyrophacus horologicum* Stein: veduta apicale.
- 82) *Peridinium conicum* (Gran) Ost. & Schmidt.
- 82) *Peridinium conicum* (Gran) Ost. & Schmidt.
- 83) *Peridinium diabolus* Cl.
- 84) *Peridinium divergens* Ehr.
- 85) *Peridinium maranense* Tol.
- 86) *Ceratium candelabrum* (Ehr.) Stein v. *curvatulum* Jörg.
- 87) *Ceratium furca* (Ehr.) Clap. & Lachm.
- 88) *Ceratium fusus* Ehr.
- 89) *Ceratium massiliense* (Gour.) Jörg.
- 90) *Ceratium pentagonum* Gour.
- 91) *Ceratium pulchellum* Schr.
- 92) *Goniodoma polyedricum* (Pouch.) Jörg.: veduta apicale.
- 93) *Podolampas bipes* Stein.
- 94) *Podolampas palmipes* Stein.

SILICOFLAGELLATAE

- 95) *Dictyocha fibula* Ehr.
- 96) *Dictyocha speculum* (Ehr.) Haeck. (a) e *Actinoptychus undulatus* (Bail.) Ralfs
(b - Diatomae Pennatae, ord. Discoideae).

