

13 - BIOLOGIA DELLE ACQUE

Osservando al microscopio una goccia d'acqua prelevata dal sottovaso dei fiori, da una pozzanghera, da uno stagno,... si osservano organismi trasparenti, di varie forme e dimensioni che si muovono e sfuggono alla luce e al calore dello strumento. Nel brulicare di vita che si agita sul vetrino si incontrano forme semplici, unicellulari o pluricellulari, probabilmente simili a quelli che erano, all'origine della vita sulla Terra, i progenitori di tutti i viventi, attualmente raggruppati dalla sistematica nei cinque regni:

monere (*Monera*) - **protisti** (*Protista*) - **funghi** (*Fungi*) - **piante** (*Plantae*) - **animali** (*Animalia*).

Estendendo lo sguardo, dalla goccia allo stagno, al lago o al fiume, le forme di vita si fanno più complesse e accanto agli organismi microscopici, si incontrano forme grandi e più organizzate, rappresentate, per il regno animale, da pesci, anfibi, rettili, e per quello vegetale, da piante. Estendendo l'osservazione dell'ambiente acquatico si raggiungono le sponde e si incontrano altri viventi, appartenenti ai diversi regni, che, pur non vivendo in acqua, rimangono ad essa legati, principalmente per ragioni alimentari, riproduttive o di adattamento: anfibi, rettili, uccelli, mammiferi e, per i vegetali, arbusti e alberi delle fasce riparie.

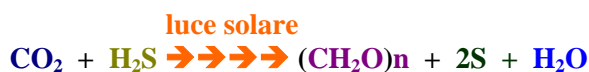
Il riconoscimento dei diversi gruppi sistematici (fino al genere e alla specie) è possibile con una buona preparazione sulla tassonomia botanica e zoologica; esistono specializzazioni, manuali e specifiche chiavi di riconoscimento limitatamente a pochi gruppi. Con questo capitolo non si ha la pretesa di illustrare e descrivere compiutamente tutte le forme viventi della flora e fauna, ma presentarne un panorama complessivo cercando, per quanto possibile, di seguire un ordine sistematico-evolutivo.

13.1 - Il regno delle Monere

Appartengono a questo regno un numero non elevato di organismi, conosciuti col nome di batteri, privi di membrana sugli organuli cellulari. Sono **procarioti**, ovvero privi di nucleo, in quanto il loro patrimonio genetico è scritto su molecole di DNA (acido desossiribonucleico) libero nel citoplasma cellulare. Ciò li contraddistingue dagli appartenenti agli altri quattro regni che hanno invece cellule di tipo eucariote (nucleo evoluto), con DNA e organuli racchiusi da membrane.

Le Monere sono divise in due gruppi: gli **archebatteri**, probabilmente il ricordo dei primi organismi comparsi sulla Terra 3.500 milioni di anni fa e gli **eubatteri**, costituenti il gruppo principale di batteri. I primi colonizzano ambienti particolarmente ostili, quali l'intestino dei bovini, gli ambienti salini, le sorgenti termali. Gli eubatteri costituiscono il gruppo principale. Si trovano in tutti gli ambienti, tranne quelli estremi e vivono sia come cellule singole che in colonie (aggregati di cellule). Quando le aggregazioni cellulari mantengono una disposizione in filamenti o catene, prendono il nome di **attinomiceti**, dalla somiglianza che assume il loro accrescimento con quello fungino (micelio). I batteri che vivono solo in presenza di ossigeno sono detti **aerobi obbligati**, quelli per i quali questo gas rappresenta un veleno sono detti **anaerobi obbligati** e gli indifferenti **anaerobi facoltativi**. La classificazione degli eubatteri è basata sul tipo di nutrizione e metabolismo che li caratterizza. Vengono attualmente raggruppati in diverse categorie.

Fotoautotrofi. Sintetizzano molecole organiche da materia inorganica mediante l'energia fornita dalla luce solare; sono anche detti alghe azzurre o **cianobatteri** e compiono la fotosintesi in modo simile alle piante (**tab. 12.1**). Alcuni, come *Anabaena* (**2a** in **fig. 13.1**), oltre a compiere la fotosintesi, hanno cellule in grado di fissare l'azoto gassoso atmosferico in ammoniaca, successivamente utilizzata nella sintesi proteica. Queste cellule, che prendono il nome di eterocisti, prive di pigmenti fotosintetici e con pareti cellulari ispessite per impedire all'ossigeno gassoso di interferire con la fissazione dell'azoto. Altri batteri verdi e rossi fotoautotrofi vivono in ambienti fangosi asfittici, ricchi di acido solfidrico (H₂S) che utilizzano, al posto dell'acqua per produrre, dal biossido di carbonio (CO₂), carboidrati (CH₂O)_n, acqua e zolfo (S).



Fotoeterotrofi. Utilizzano la luce solare per produrre ATP (cfr. **2.2**), ma non sono in grado di organizzare la materia inorganica e dipendono dalla disponibilità di materia organica dell'ambiente.

Chemoautotrofi. Sintetizzano molecole organiche partendo da composti inorganici (**tab. 13.1**). Fra essi si distinguono ulteriormente i predatori (catturano e si cibano di altri organismi), decompositori (si alimentano con organismi morti), parassiti (vivono a spese di altri) e mutualisti (vivono in "sintonia" con i loro ospiti).

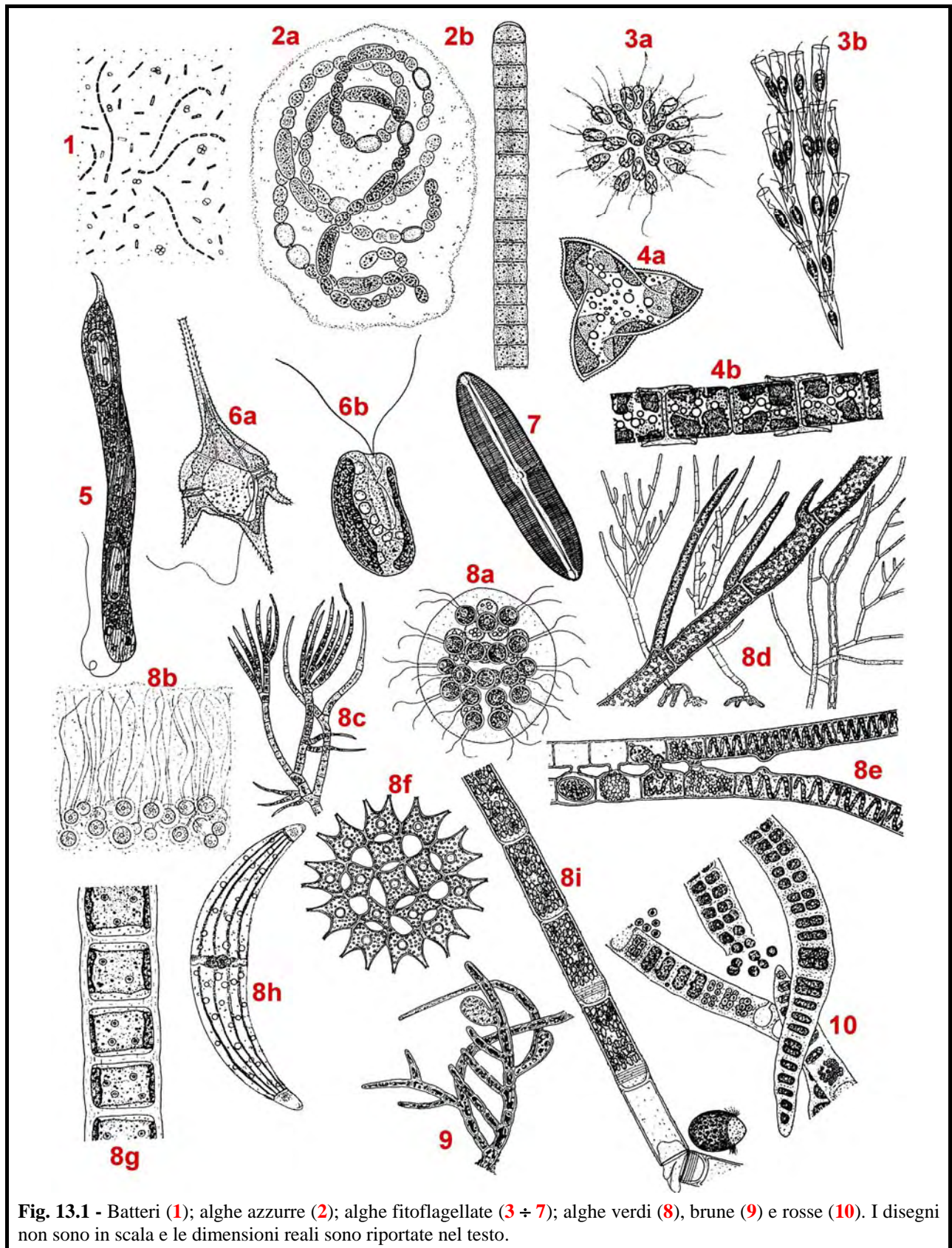


Fig. 13.1 - Batteri (1); alghe azzurre (2); alghe fitoflagellate (3 + 7); alghe verdi (8), brune (9) e rosse (10). I disegni non sono in scala e le dimensioni reali sono riportate nel testo.

Tra le Monere vi è una specie più conosciuta e studiata, in quanto, con modificazioni genetiche, è in grado di produrre ad esempio l'insulina: *Escherichia coli*, chemioeterotrofo a forma di bastoncino ($2 \div 3 \mu\text{m}$), presente nella flora batterica dei vertebrati e la cui presenza in acqua è indice di contaminazione fecale. La riproduzione avviene per via asessuata per scissione binaria, modalità con la quale i batteri si riproducono dividendosi a metà in due cellule "figlie" identiche alla "madre", che si accrescono indipendentemente. Spesso le cellule "figlie" rimangono unite e se la divisione continua, si formano catenelle o grappoli, cioè

colonie talora capaci di crescita molto rapida; in condizioni ideali il numero di organismi raddoppia ogni 20 minuti. Si assiste per *Escherichia coli* ad una primitiva riproduzione sessuale detta **coniugazione**, durante la quale due batteri entrano in contatto tra loro per mezzo di ponti citoplasmatici (**pili**), mediante i quali avviene il passaggio del materiale genetico da uno all'altro. Come molti altri organismi, in condizioni sfavorevoli, alcuni batteri formano **spore** o **endospore** (se contenute all'interno di una cellula ospite). Tali strutture, con spessa parete protettiva, permettono loro di superare condizioni critiche e, trasportate dall'aria, dall'acqua o da altre sostanze, di germinare qualora le condizioni ambientali ritornino favorevoli.

Fra i batteri fotoautotrofi le alghe azzurre (**CYANOPHYTA**) hanno citoplasma organizzato in due regioni: una centrale (centroplasma) ed una periferica (cromatoplasma). La parete cellulare ha costituzione chimica complessa, formata da quattro strati, dei quali due più interni avvolgono ogni singola cellula, mentre quelli più esterni avvolgono l'intera colonia. All'esterno vi può essere ancora una guaina mucillaginosa. La riproduzione avviene per scissione ed interessa i due strati interni della parete; le cellule figlie rimangono entro i due strati esterni incrementando così la colonia. Le colonie filamentose possono spezzarsi originando due aggregati cellulari; il processo avviene grazie ad una delle cellule (eterocisti) che si ispessisce e si stacca dalle altre; in tal modo il filamento viene rotto in due parti (ormogoni); questi si formano anche grazie a cellule che, diversamente dalle eterocisti, si deformano assumendo l'aspetto di anelli biconcavi che provocano la separazione. Si possono formare cellule quiescenti, con spesse pareti, in grado di superare condizioni ambientali sfavorevoli. Il colore varia da specie a specie, con sfumature fra l'azzurro e il verde, insieme ad altri colori come il verde rame, il blu acciaio, verde/nero, giallo/bruno,... colorazioni dovute a numerosi pigmenti (clorofilla, ficocianina, ficoeritrina, carotene e xantofilla). Il *phylum Cyanophyta* presenta l'unica classe delle **Cyanophyceae**, divisa a sua volta in: *Chroococales* (cellule isolate o con colonie di pochi individui), *Chamaesiphonales* (filamenti che non si spezzano per ormogoni e che si riproducono per endospore) e *Homogonales* (o *Nostocales*; colonie molto lunghe che si spezzano con ormogoni ed eterocisti; è l'ordine più numeroso e comprende i generi *Tubellaria*, *Nostoc*, *Anabaena*,...).

Le alghe azzurre sono i più antichi organismi in grado di effettuare la fotosintesi. Sono molto diffuse e occupando anche nicchie estreme (sorgenti termali, ghiacciai, pareti di manufatti,...). La maggior parte sono tipiche delle acque dolci e costituiscono una componente importante del fitoplancton. In fig. **13.1** sono l'*Anabaena flos-acquae* (**2a**; in laghi e stagni dà luogo a "fioriture"; nelle insenature le colonie spinte dal vento costituiscono uno strato mucillaginoso sulla superficie dell'acqua) e l'*Oscillatoria tenuis* (**2b**; in acque stagnanti inquinate), entrambe con cellule di pochi µm. Alcune (appartenenti al genere *Nostoc*) fissano l'azoto libero arricchendo l'ambiente di tale elemento in forma utilizzabile dalle altre alghe (**par. 12.3** e **fig. 12.6**); per tale ragione, in alcune zone, per "concimare" i terreni poveri di azoto, vengono provocati allagamenti periodici. Certe specie si uniscono in simbiosi con ife fungine formando i **licheni**, che riescono a colonizzare ambienti che sarebbero invivibili per l'alga o per il fungo da soli, quali le cortecce degli alberi e le rocce. L'alga produce, con la fotosintesi, materia organica; questa è sfruttata come fonte alimentare dal fungo, il quale "ricambia", offrendo all'alga l'acqua delle precipitazioni e dell'umidità atmosferica, immagazzinata fra l'intreccio delle sue ife. Alcune alghe azzurre, come *Microcystis*, liberano sostanze tossiche, mentre molte specie del genere *Anabaena* producono antibiotici capaci di ostacolare la crescita di altre alghe, anticipando meccanismi che vengono mantenuti come strategie competitive anche da molte piante superiori (il noce produce sostanze capaci di inibire la crescita di altre piante sotto la sua "chioma").

13.2 - Il regno dei Protisti

I Protisti comprendono organismi unicellulari più evoluti rispetto al regno delle Monere in quanto hanno cellule (eucariote) in cui la molecola del DNA e gli organuli cellulari sono avvolti da membrane. Questo regno comprende il gruppo di **alghe** in senso stretto, in quanto esclusivamente autotrofe, con le divisioni *Chlorophyta*, *Rhodophyta* e *Phaeophyta*. Mentre le alghe pluricellulari costituiscono parte importante della flora bentonica, le specie unicellulari rappresentano una frazione considerevole del fitoplancton. Altre specie vivono sui ciottoli e sui massi, ricoprendoli di una patina verdastra e scivolosa. Il gruppo sistematico più rappresentato è la classe delle *Chlorophyceae* che raggruppa diversi ordini. Anche tra i **fitoflagellati** vi sono organismi autotrofi occasionali e quindi classificabili tra le alghe, tra i quali *Chrysophyta*, *Euglenophyta*, *Pyrrophyta* e *Bacillariophyta*. Analogo discorso vale per i **protozoi** con le classi *Zoomastigophora*, *Rhizopoda*, *Actinopoda*, *Cnidosporidea*, *Ciliata*, *Suctorina* e *Telesporidea* (meno importante per gli ambienti acquatici). I fitoflagellati, seppur filogeneticamente simili agli **zooflagellati** (gruppo di protozoi), se ne differenziano in quanto possono essere muniti di **cromatofori** e quindi alternare l'eterotrofia all'autotrofia.

Le **CHLOROPHYTA** sono anche dette **alghe verdi** perché contengono clorofilla “a” e “b”, beta-carotene e varie xantofille che conferiscono loro una colorazione verdastra. Sono unicellulari e pluricellulari, con forme diverse in funzione dell’ambiente in cui vivono. Il ciclo riproduttivo delle forme unicellulari è assai semplice; molto più interessante, dal punto di vista evolutivo è il ciclo di quelle pluricellulari.

Ulothrix è un’alga verde con tallo formato da un filamento di cellule uninucleate aploidi. A livello di una di queste si verificano due mitosi con formazione di 4 spore tetraflagellate aploidi (**fig. 13.2**). Ognuna di queste vaga per un certo periodo finché si moltiplica per mitosi dando origine a cellule che rimangono unite e quindi con formazione di un nuovo tallo. In questa parte del ciclo si ha la formazione di nuovi filamenti aploidi per via asessuata; in tal modo la specie si diffonde quando trova condizioni ambientali favorevoli. In

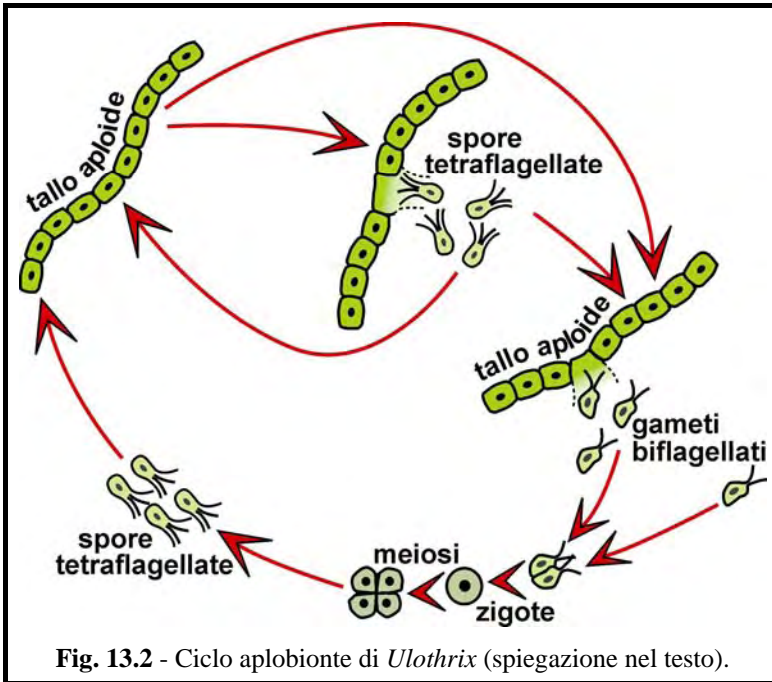


Fig. 13.2 - Ciclo aplobionte di *Ulothrix* (spiegazione nel testo).

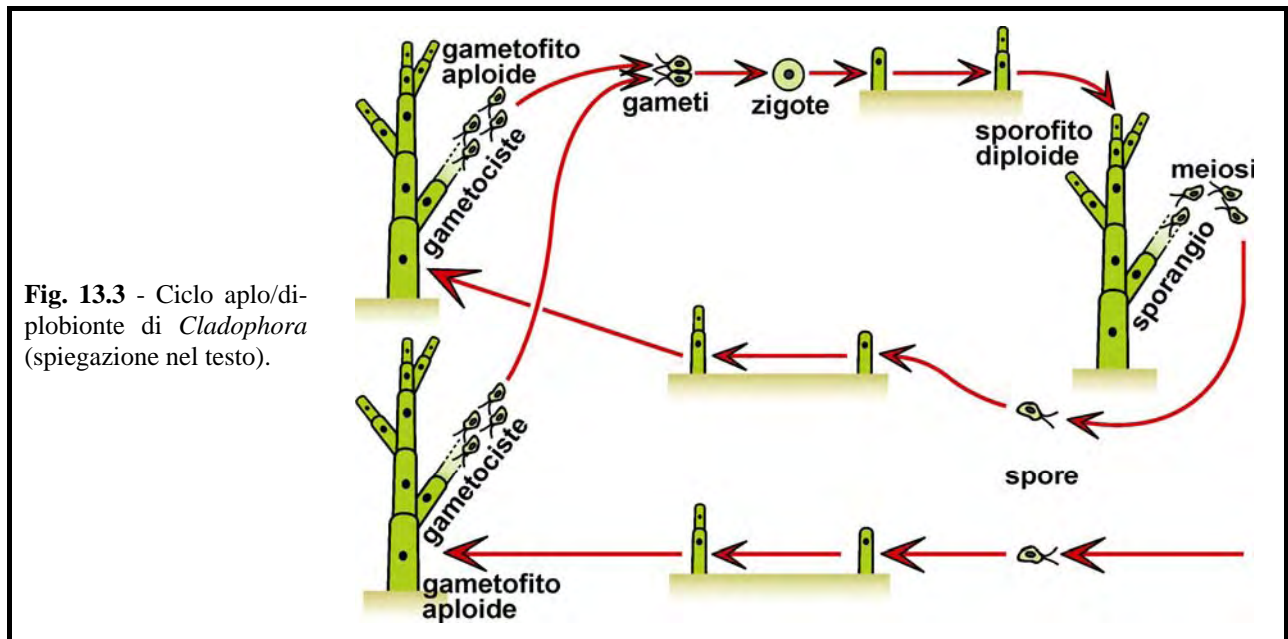
determinate situazioni, in corrispondenza di una cellula del filamento, si verifica una sola mitosi che porta alla formazione di due cellule biflagellate (isogameti); ciascuno di essi può unirsi ad un altro gamete di un ceppo diverso con conseguente formazione di uno zigote diploide (fase sessuata del ciclo) che si incista. Si genera una forma resistente ad avverse condizioni ambientali (climatiche o mancanza d’acqua); quando queste tornano favorevoli, lo zigote, per meiosi, dà origine a 4 spore tetraflagellate aploidi che ricominciano il ciclo. Nel ciclo di *Ulothrix* prevale la fase aploide: lo zigote non si sviluppa per formare talli diploidi, ma porta immediatamente alla formazione di spore con corredo cromosomico semplice. Un ciclo di questo tipo viene detto “aplobionte”. All’opposto, come accade per le diatomee (*Bacillariophyta*), la fase

aploide è legata solo al momento della fase sessuata, mentre prevale quella diploide legata alla riproduzione asessuata; in questo caso si parla di ciclo “diplobionte”. Ma vi sono ancora altri tipi di ciclo.

Cladophora è un’alga verde costituita da filamenti poco ramificati e vincolati ad un substrato. Forma talli aploidi **gametofiti**; essi producono isogameti biflagellati con i **gametocisti**. Ciascun gamete si unisce ad altri di ceppi diversi per formare lo zigote (**fig. 13.3**). Questo si fissa al substrato e per mitosi successive, origina un tallo diploide detto **sporofito** (in grado di produrre spore), morfologicamente simile ai gametofiti. Dopo un certo tempo, da una porzione dello sporofite (**sporangio**) si formano, per meiosi, spore biflagellate aploidi che danno origine, per mitosi, a nuovi gametofiti. In questo ciclo le fasi aploide e diploide hanno più o meno la stessa importanza e ciascuna sviluppa un tallo; in questo caso si parla di ciclo “**aplodiplobionte**”. Riassumendo riportiamo le seguenti definizioni:

- **isogamia**; formazione di gameti morfologicamente simili;
- **anisogamia**; formazione di gameti morfologicamente diversi;
- **oogamia**; caso particolare di anisogamia in cui uno dei due gameti è più grande, tondeggiante ed immobile, mentre l’altro è più piccolo e mobile;
- **gametofito**; tallo infase aploide (produce gameti);
- **gametociste**; porzione specializzata del gametofito che produce gameti per la riproduzione sessuata;
- **sporofito**; tallo infase diploide (produce spore);
- **sporangio**; porzione specializzata dello sporofito che produce spore destinate alla riproduzione asessuata;
- **isomorfismo**; mancanza di differenze morfologiche tra gametofito e sporofito;
- **eteromorfismo**; evidenti differenze morfologiche tra gametofito e sporofito;
- **omotallismo**; assenza di differenze morfologiche tra i gametofiti che producono i gameti destinati alla formazione dello zigote;
- **eterotallismo**; evidenti differenze morfologiche tra i gametofiti.

Tali definizioni sono utili per descrivere i cicli vitali di qualsiasi alga. Per esempio quello di *Cladophora* è un ciclo aplodiplobionte caratterizzato da isogamia, isomorfismo e omotallismo (fig. 13.3).



In fig. 13.1 sono rappresentate altre *Chlorophyceae*: *Eudorina elegans* (8a; in acque stagnanti; colonie di dimensioni $50 \div 200 \mu\text{m}$), *Tetraspora gelatinosa* (8b; cellule di $10 \mu\text{m}$, nelle acque stagnanti e presso le sorgenti), *Chaetophora incrassata* (8c; in acque limpide su piante e rocce), *Cladophora fracta* (8d; in acque fredde e ben ossigenate, spesso massiva), *Spirogyra* (8e e fig. 13.4; comprende diverse specie, quasi tutte in laghetti e pantani), *Pediastrum duplex* (8f; cellule intorno ai $50 \mu\text{m}$ e colonie fino a $300 \mu\text{m}$; nel fitoplancton di tutte le acque), *Ulothrix zonata* (8g; all'inizio dell'estate in fiumi e laghi ben ossigenati), *Closterium ehrenbergii* (8h; cellule lunghe fino a $800 \mu\text{m}$ e larghe $150 \mu\text{m}$; comune in acque neutre, pozzanghere, rientranze di ruscelli, vasche di fontane), *Oedogonium* (8i; specie diffuse in quasi tutte le acque).

Le alghe appartenenti al phylum delle **RHODOPHYTA** sono dette **alghe rosse** per il colore dei loro pigmenti dovuto al mascheramento delle clorofille da parte di beta-carotene, ficoeritrine e ficocianine. Sono pluricellulari quasi sempre di grandi dimensioni, prevalentemente marine. Rare le specie d'acqua dolce ed appartenenti a tre ordini: *Bangiales*, *Nemalionales* e *Cryptonemiales*. In fig. 13.1 è la *Bangia atropurpurea* (10; cellule di $10 \div 50 \mu\text{m}$; nelle zone irrigate con acque di fiumi inquinati; localmente massiva).

Al phylum **PHAEOPHYTA** appartengono alghe comunemente dette **alghe brune**; contengono clorofilla "a", "b" e "c", beta-carotene, ficoxantina ed altre xantofille, che mascherano il verde delle clorofille conferendo ai cloroplasti una colorazione olivastro-bruna. Le più conosciute e diffuse sono le fucali e le laminarie. Le prime hanno tallo molto differenziato sul quale sono presenti organi simili a quelli dei vegetali superiori. Il ciclo è diplobionte, caratterizzato dall'oogamia e dall'omotallismo; è da mettere in evidenza la diversa morfologia dei gametocisti, denominati "anteridi" se producono gameti "maschili" e "archegoni" se producono oogoni (gameti "femminili"). Il ciclo delle laminarie (le più grandi alghe brune) è più complesso, aplodiplobionte e caratterizzato dall'oogamia, dall'eterotallismo e dall'eteromorfismo. Le alghe brune vivono soprattutto in mare; un solo ordine è d'acqua dolce (*Ectocarpales*). In fig. 13.1 è rappresentata la specie *Pleurocladia lacustris* (9; nei laghi, epifita su piante acquatiche, sassi, gusci di molluschi,...).

I **CHRYSOPHYTA** sono fitoflagellati costituiti da una cellula o da colonie con corpi cellulari immersi in una massa gelatinosa. Hanno cromatofori giallo-verdastri e giallo oro per la presenza di beta-carotene e di varie xantofille che mascherano il verde della clorofilla. Alcune specie mancano di cromatofori e sono eterotrofe (per lo più saprofiti). Altre hanno possibilità di movimenti ameboidi e capacità di inglobare particelle solide per fagocitosi. I flagelli sono talora assenti e possono spostarsi con pseudopodi; in genere non possiedono pareti cellulari. La riproduzione è prevalentemente asessuata e sono quasi tutti aerobi. Molti prediligono le acque fredde, come nei torrenti montani. Alcune specie vivono in acque povere di sostanze organiche, come quelle potabili; la loro presenza conferisce talvolta un sapore sgradevole alle acque dei pozzi e dei serbatoi, pur essendo innocue all'uomo. In determinate situazioni numerosi individui possono colorare le acque stagnanti di riflessi gialli o verdi. Si distinguono due classi: le *Chrysophyceae* (alghe

dorate) di cui in **fig. 13.1** sono rappresentate le specie *Uroglena volvox* (**3a**; in acque stagnanti, pozze, sbarramenti idrici; forma fiori d'acqua bruni; cellule di $12 \div 20 \mu\text{m}$) e *Dinobryon sociale* (**3b**; in acque eutrofiche e ricche di alimenti; forma involucri lunghi fino a $30 \div 70 \mu\text{m}$) e le *Xanthophyceae* (**alghie gialle**) di cui in **fig. 13.1** sono rappresentate le specie *Goniochloris torta* (**4a**; in fossi e pozze; $20 \div 30 \mu\text{m}$) e *Bumilleria sicula* (**4b**; terra bagnata e pozze dal fondo argilloso; $15 \div 20 \mu\text{m}$).



Fig. 13.4 - *Spirogyra*. Un esempio di alga verde tra le più diffuse negli ambienti acquatici (soprattutto laghetti e pantani).



Fig. 13.5 - Oogoni ed oospore di *Saprolegnia*, un fungo acquatico, parassita dei pesci, attivo sia in ambiente naturale, sia soprattutto negli allevamenti.

EUGLENOPHYTA è un piccolo gruppo di fitoflagellati mobili per mezzo di uno o due flagelli, inseriti ad un polo della cellula. Questa può avere forme diverse, stabili se circondate da una membrana rigida, variabili a seconda delle condizioni ambientali se il rivestimento cellulare è elastico. In molte specie sono presenti cromatofori verdi contenenti clorofilla (autotrofi); in altre questi organuli mancano (eterotrofi); in alcune sono presenti pigmenti che conferiscono agli individui una colorazione rossa. Alcune specie perdono la pigmentazione e in presenza di sostanze organiche in decomposizione, diventano saprofiti. È conosciuta la riproduzione asessuata per semplice divisione longitudinale (mitosi). Il genere più noto è *Euglena* con cellule prive di membrana rigida. È frequente negli ambienti d'acqua dolce, sia torbida che limpida. Alcune formano sulla superficie delle acque stagnanti una schiuma verde che, con l'innalzarsi della temperatura, diventa rossa per l'incremento, nei corpi cellulari, di pigmento di quel colore che maschera la clorofilla. Una specie fra le più diffuse è *Euglena viridis*, che colora di verde le acque e spesso il manto nevoso. In **fig. 13.1** è raffigurata *Euglena oxyuris* (**5**) frequente nei litorali eutrofici delle acque stagnanti.

Il termine **PYRRROPHYTA** significa "alghie dal colore fuso". Si muovono mediante due flagelli. Alcune specie hanno la capacità di emettere pseudopodi; altre vivono in colonie con cellule prive di flagelli. La parete cellulare è sempre presente e organizzata come una teca che avvolge tutto il corpo. Spesso, come nel genere *Ceratium*, la teca è costituita da placche distinte e saldate tra loro. Caratteristici sono due solchi in cui sono alloggiati i flagelli. Nei cromatofori sono presenti colorofilla "a" e "c", beta-carotene e diverse xantofille. Sono per la maggior parte autotrofi ed aerobi, ma alcune specie perdono i pigmenti e diventano eterotrofe (in genere saprofiti); altre possono assumere particelle organiche emettendo pseudopodi nella "zona fagocitaria". La classe più importante è quella dei **dinoflagellati** (*Dinophyceae*). È da ricordare *Noctiluca*, dalla caratteristica luminescenza; quando nelle acque marine sono presenti numerosi individui, durante la notte, si assiste al fenomeno detto "mare di latte" (acque illuminate) osservabile nell'Adriatico. Importante è il genere *Ceratium*, con numerose specie e costituente del fitoplancton. Un esempio è *Ceratium hirundinella* in **fig. 13.1** (**6a**), in laghetti e stagni ($200 \div 300 \mu\text{m}$); si comporta sia come autotrofo, sia come eterotrofo predatore grazie a propaggini di plasma con le quali cattura piccoli organismi. Tra le *Cryptophyceae* merita ricordare il *Cryptomonas erosa* (**6b** in **fig. 13.1**) in fossi, stagni e lagni ($15 \div 30 \mu\text{m}$).

Alle **BACILLARIOPHYTA** appartiene l'unica classe delle *Bacillariophyceae* (**diatomee**), i cui individui hanno dimensioni fra poche unità e centinaia di μm . Hanno una parete cellulare detta "frustulo", silicizzata e formato da due "teche" o "valve" incastrate fra loro come una scatola con coperchio. La forma delle diatomee è assai varia con ricche e finissime ornamentazioni sulla superficie delle teche; queste sono percorse da numerosi solchi nei quali scorre il citoplasma, permettendo il movimento sul fondo per le alghie bentoniche e in superficie per quelle fitoplanctoniche. I cromatofori hanno colore giallo-bruno o decisamente bruno e contengono clorofilla "a" e "c", ficoxantina ed altre xantofille. Quando l'alga raggiunge la massima grandezza il nucleo si divide, mentre le due valve si dischiudono leggermente. Si

formano due protoplasti nucleati accompagnati ciascuno da una delle due valve della madre. Ogni figlia forma la valva mancante, interna a quella ereditata. Con il succedersi delle divisioni si ha riduzione della grandezza degli individui; solo le cellule che ereditano la valva più grande conservano le dimensioni originarie, mentre le altre diventano tanto più piccole quanto più alto è il numero di divisioni. Quando gli individui sono troppo piccoli si liberano di entrambe le teche (auxosporulazione), si ingrandiscono fino alle dimensioni originarie e riformano due nuove valve. Per le diatomee è nota la riproduzione sessuata. In una cellula avviene la replicazione del DNA e per meiosi, si formano quattro nuclei aploidi. Il citoplasma si divide in due cellule contenenti ciascuna una coppia di nuclei dei quali uno degenera. In tal modo da un individuo si formano due gameti. Dall'unione di due gameti si forma uno zigote, che dapprima si accresce e poi forma due teche e quindi un nuovo individuo. In alcune specie i gameti sono identici (isogamia). In altre specie un gamete è più piccolo e dotato di mobilità, mentre l'altro è più grande ed immobile detto (anisogamia). Le diatomee costituiscono, soprattutto nelle acque fredde, la componente essenziale del fitoplancton e grazie alla fotosintesi, arricchiscono le acque di ossigeno permettendo una rigogliosa vita aerobica. Il loro numero può essere così grande che, alla loro morte, i gusci silicei, sedimentando sui fondali, formano depositi molto potenti; da essi si estrae un materiale detto "farina fossile" (usato soprattutto come abrasivo). In fig. **13.1** è la *Pinnularia viridis* (**7**), comune in tutte le acque di fiume (50 ÷ 150 µm).

I **Protozoi** sono organismi unicellulari eucarioti esclusivamente eterotrofi. Costituiscono parte dello zooplancton e dello zoobenthos e comprendono diverse classi: **Zoomastigophora**, **Rhizopoda**, **Actinopoda**, **Cnidosporidea**, **Ciliata**, **Suctoria**.

Negli **ZOOMASTIGOPHORA** sono raggruppati piccoli flagellati la cui riproduzione avviene per via asessuata con divisione longitudinale; nelle specie d'acqua dolce non si conosce la riproduzione sessuata. Si nutrono per osmosi o inglobando attivamente particelle organiche; sono parassiti o simbiotici. Si presentano in forme singole o coloniali. In fig. **13.6** è rappresentato *Bicosoeca socialis* (**2**; colonie di di 20 ÷ 25 µm costituite da individui flagellati con cellule di 10 µm; componente del plancton di stagni e laghi).

I **RHIZOPODA** sono privi di forma definita; la membrana citoplasmatica è sottile ed elastica e può dissolversi per consentire estroflessioni (pseudopodi) utili per la locomozione e per la presa dell'alimento. Nella cattura di cibo uno pseudopodio circonda una particella o un microorganismo, includendolo nel citoplasma a formare un vacuolo alimentare. Quasi sempre individui liberi, acquatici, prevalentemente marini. Si riproducono per scissione diretta; per alcune specie si conosce la riproduzione sessuata. Frequente è la formazione di cisti resistenti. Ne fanno parte diversi ordini con numerose specie. Ricordiamo i *Proteomyxida*, per lo più parassiti delle alghe, in ambienti marini e in acqua dolce; comprende i generi *Vampyrella* (con specie tutte parassite di alghe d'acqua dolce) e *Acantharia* (comprende forme del plancton marino). Il più numeroso dei rizopodi è l'ordine *Amoebida* (amebe nude) che comprende specie prive di involucro; un esempio è *Amoeba proteus* (**3a** in fig. **13.6**, fino a 3 mm) che striscia sul substrato nutrendosi di batteri, alghe, ciliati, ecc... in stagni relativamente putridi e ricchi di batteri (frequenti nei filtri degli acquari). L'ordine *Testacida* (tecamebe) comprende specie con corpo cellulare compreso in una nicchia costituita da scleroproteine chitinose, talvolta rinforzata da placche silicee; sono organismi prevalentemente d'acqua dolce (soprattutto presenti nel muschio e nel terreno bagnato), quasi mai planctoniche, che predano batteri, flagellati, alghe azzurre, alghe verdi, ciliati, ecc...; un esempio è *Euglypha alveolata* (**3b** in fig. **13.6**; fino a 100 µm) in torbiere, laghetti, sorgenti e pantani. Ricordiamo anche l'ordine *Foraminifera* che comprende quasi esclusivamente organismi marini planctonici, caratterizzati da un ricovero calcareo.

Agli **ACTINOPODA** appartengono protozoi con lunghi e sottili pseudopodi (axopodi) disposti a raggera. Le cellule hanno uno o più nuclei. Il più frequente in acque dolci è l'ordine *Heliozoa* (eliozoi). Gli eliozoi catturano e fagocitano flagellati, ciliati, rotiferi e naupli di copepodi. Gli axopodi sono velenosi e gli organismi che li urtano vi restano appesi e paralizzati; i filamenti assiali degli axopodi si dissolvono, i raggi si allargano accorciandosi e circondano la preda con formazione di un vacuolo alimentare. Numerosi individui possono unirsi per formare un gruppo di fagocitazione, per catturare prede più grandi. Alcune forme sono peduncolate e fisse, ma la maggioranza vive sospesa in acque basse o in prossimità del fondo; si muovono trasportati dalle correnti o rotolando sul substrato. Gli individui di alcune specie sono avvolti da involucri gelatinosi includenti grani di sabbia e gusci di diatomee o da esoscheletri formati da aghi silicei o da involucri reticolati di scleroproteine o acido silicico. Tali strutture rendono più difficile la cattura di prede, per cui molte forme vivono in simbiosi con alghe verdi; l'eccedenza delle alghe, che si riproducono molto velocemente, è assunta come cibo dall'eliozoo. In condizioni ambientali sfavorevoli avviene la riproduzione sessuata detta autogamia. Inizialmente si forma una cisti madre in cui la maggior parte dei nuclei si dissolve; si separano poi due cellule figlie mononucleate che sviluppano delicati involucri; esse si

dividono originando gameti aploidi; questi si uniscono formando zigoti diploidi. Gli zigoti sviluppano una membrana ed un involucro siliceo e dopo un periodo di riposo, appaiono polinucleati chiudendo così il ciclo. Un esempio è l'*Herophrys myriapoda* in **fig. 13.6 (4; 20 ÷ 25 µm)** spesso di color verde per la presenza di alghe verdi, probabilmente simbiotici; in laghi e laghetti, fra alghe e piante acquatiche.

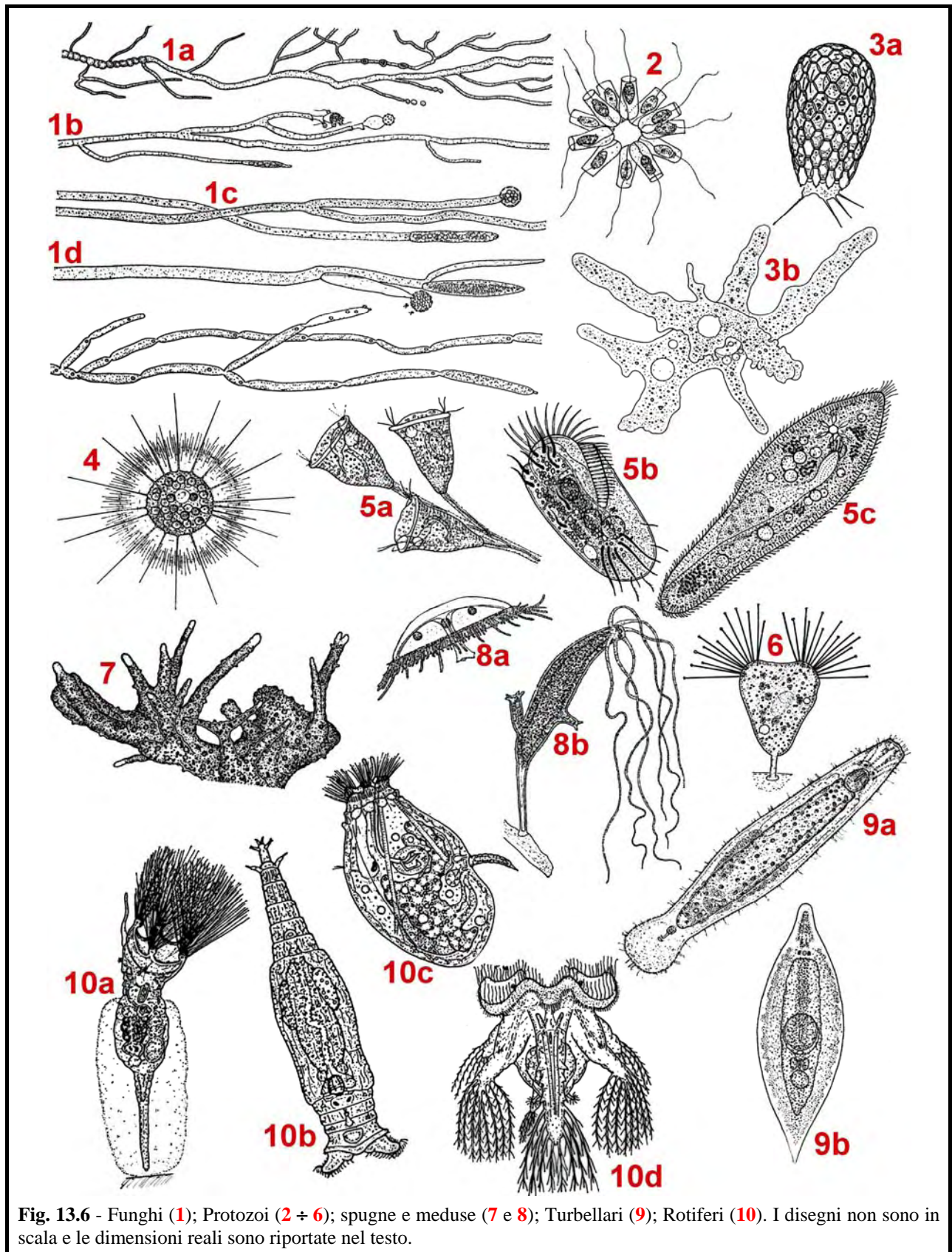


Fig. 13.6 - Funghi (1); Protozoi (2 ÷ 6); spugne e meduse (7 e 8); Turbellari (9); Rotiferi (10). I disegni non sono in scala e le dimensioni reali sono riportate nel testo.

Gli **CNIDOSPORIDEA** sono parassiti di invertebrati, pesci, anfibi e rettili; iniziano lo sviluppo come amebe e lo finiscono come spore contenenti lo sporoplasma. *Mixobolus pleifferi* è un parassita di pesci d'acqua dolce, in particolare del genere *Barbus* (fig. 13.7).

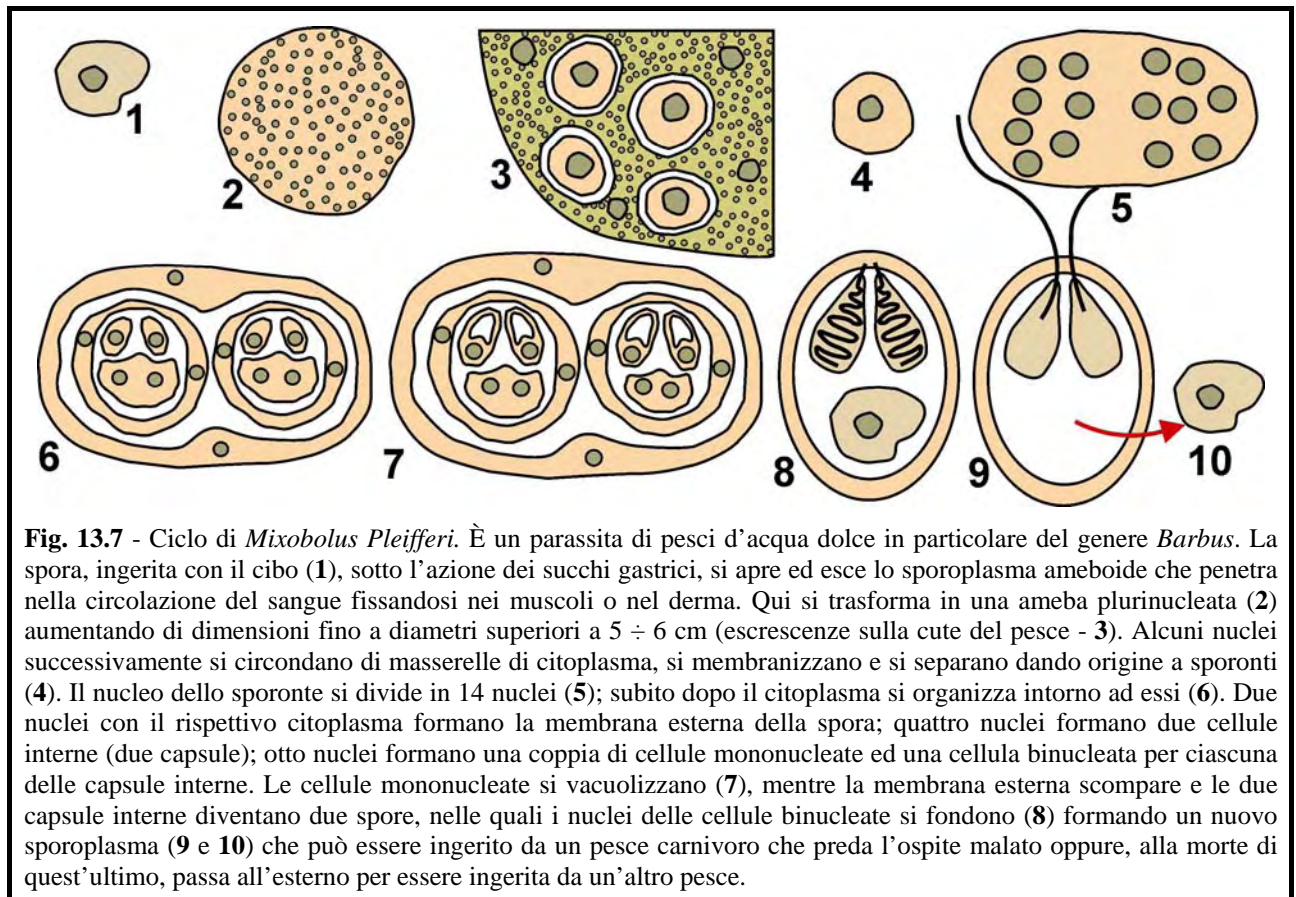


Fig. 13.7 - Ciclo di *Mixobolus Pleifferi*. È un parassita di pesci d'acqua dolce in particolare del genere *Barbus*. La spora, ingerita con il cibo (1), sotto l'azione dei succhi gastrici, si apre ed esce lo sporoplasma ameboide che penetra nella circolazione del sangue fissandosi nei muscoli o nel derma. Qui si trasforma in una ameba plurinucleata (2) aumentando di dimensioni fino a diametri superiori a 5 ÷ 6 cm (escrescenze sulla cute del pesce - 3). Alcuni nuclei successivamente si circondano di masserelle di citoplasma, si membranizzano e si separano dando origine a sporonti (4). Il nucleo dello sporonte si divide in 14 nuclei (5); subito dopo il citoplasma si organizza intorno ad essi (6). Due nuclei con il rispettivo citoplasma formano la membrana esterna della spora; quattro nuclei formano due cellule interne (due capsule); otto nuclei formano una coppia di cellule mononucleate ed una cellula binucleata per ciascuna delle capsule interne. Le cellule mononucleate si vacuolizzano (7), mentre la membrana esterna scompare e le due capsule interne diventano due spore, nelle quali i nuclei delle cellule binucleate si fondono (8) formando un nuovo sporoplasma (9 e 10) che può essere ingerito da un pesce carnivoro che preda l'ospite malato oppure, alla morte di quest'ultimo, passa all'esterno per essere ingerita da un'altro pesce.

I **CILIATA** sono protozoi di grandi dimensioni con ciglia variamente distribuite e struttura cellulare complessa. In alcune specie le ciglia sono disposte in serie lineari a formare membranelle che si muovono secondo un movimento ondulatorio permettendo la mobilità. Su una porzione del corpo è presente una imboccatura (citostoma) il cui fondo (vestibolo) si prolunga all'interno della cellula con un breve canalicolo (citofaringe). Citostoma, vestibolo e citofaringe posseggono ciglia, il cui movimento favorisce la progressione del cibo all'interno, dove viene circondato da un vacuolo alimentare; questo percorre una traiettoria lungo la quale avviene la digestione e l'assorbimento; quando al suo interno rimangono soltanto sostanze di rifiuto, esso si avvicina in una zona (citopiglio), dove si riversa all'esterno. Molti ciliati predatori sono provvisti di strutture per la cattura di prede: i trichichi e le tricocisti; i primi sono proiettati all'esterno, mentre le seconde si estroflettono rimanendo collegate con il corpo; hanno entrambi forma di bastoncino e contengono sostanze che paralizzano la preda. Il nucleo è composto di due unità: un micronucleo (che presiede alla divisione cellulare e nel quale sono contenute le informazioni genetiche) ed un macronucleo (che presiede al metabolismo). La riproduzione avviene per via asessuata (divisione trasversale) o per gemmazione (che può dar luogo a colonie). La riproduzione sessuata (coniugazione) nei parameci si manifesta per alterazioni del metabolismo o delle condizioni ambientali. Due individui (coniuganti) entrano in contatto nella zona del citostoma; i macronuclei di ciascuno degenerano e i micronuclei si dividono fino a dare quattro nuovi nuclei aploidi, di cui tre degenerano e uno si divide ancora in due. Della coppia di nuclei rimasta uno permane nella cellula originaria e l'altro penetra nel corpo dell'altro individuo. In ciascun coniugante si riforma un micronucleo diploide risultato della fusione di un proprio micronucleo aploide con quello dell'altro coniugante. Ogni individuo poi si separa formando un nuovo macronucleo. Tra le numerose specie di questo gruppo possiamo ricordare *Zoothamnium arbuscula* (5a in fig. 13.6; 80 ÷ 150 µm), abbondante in pantani e laghetti, fra le piante acquatiche e nel fango putrido e *Paramecium caudatum* (5c in fig. 13.6; fino a 300 µm) che nuota oscillando a spirale in acque eutrofiche.

Nei **SUCTORIA** gli adulti sono fissati ad un substrato con o senza peduncolo contrattile. Hanno forma di imbuto rivolto verso l'alto con tentacoli di tipo succhiatorio e prensile (sono sempre assenti le ciglia). Con i

tentacoli, che portano alle estremità sostanze tossiche, immobilizzano e succhiano le prede, spesso ciliati. Si riproducono per gemmazione; le gemme (larve), prive di bocca e ciliate, nuotano e si fissano ad un substrato mediante una zona del corpo detta scopula. Dopo la fissazione si ha riassorbimento delle ciglia e formazione dei tentacoli. La riproduzione sessuata avviene tramite coniugazione. Un esempio è rappresentato da *Tokophrya infusionum*, frequente in infusioni vegetali, presente in fiumi inquinati (6 in fig. 13.6; 60 µm).

13.3 - Il regno dei Funghi

I funghi (*Mycophyta*) sono esclusivamente eterotrofi (privi di cloroplasti). La maggior parte delle specie è saprofita ed alcune anche parassita. Insieme ai batteri concorrono alla decomposizione della sostanza organica nelle fasi di mineralizzazione dei cicli della materia (par. 12.3). Tale ruolo è importante nel terreno, mentre nelle acque sono i batteri ad esercitare una funzione prevalente. Le specie d'acqua dolce sono poche, rare quelle marine. I funghi pluricellulari crescono formando ife, sottili filamenti lunghi e ramificati formanti un complesso reticolo nel terreno o che si abbarbicano agli oggetti sommersi o liberi di fluttuare nelle acque. L'insieme delle ife intrecciate prende il nome di micelio. La riproduzione asexuata avviene per diffusione nell'acqua di spore flagellate o immobili. Nella riproduzione sessuata si riconoscono diversi casi di isogamia e anisogamia, mentre per alcune specie non si conosce ancora bene il ciclo vitale.

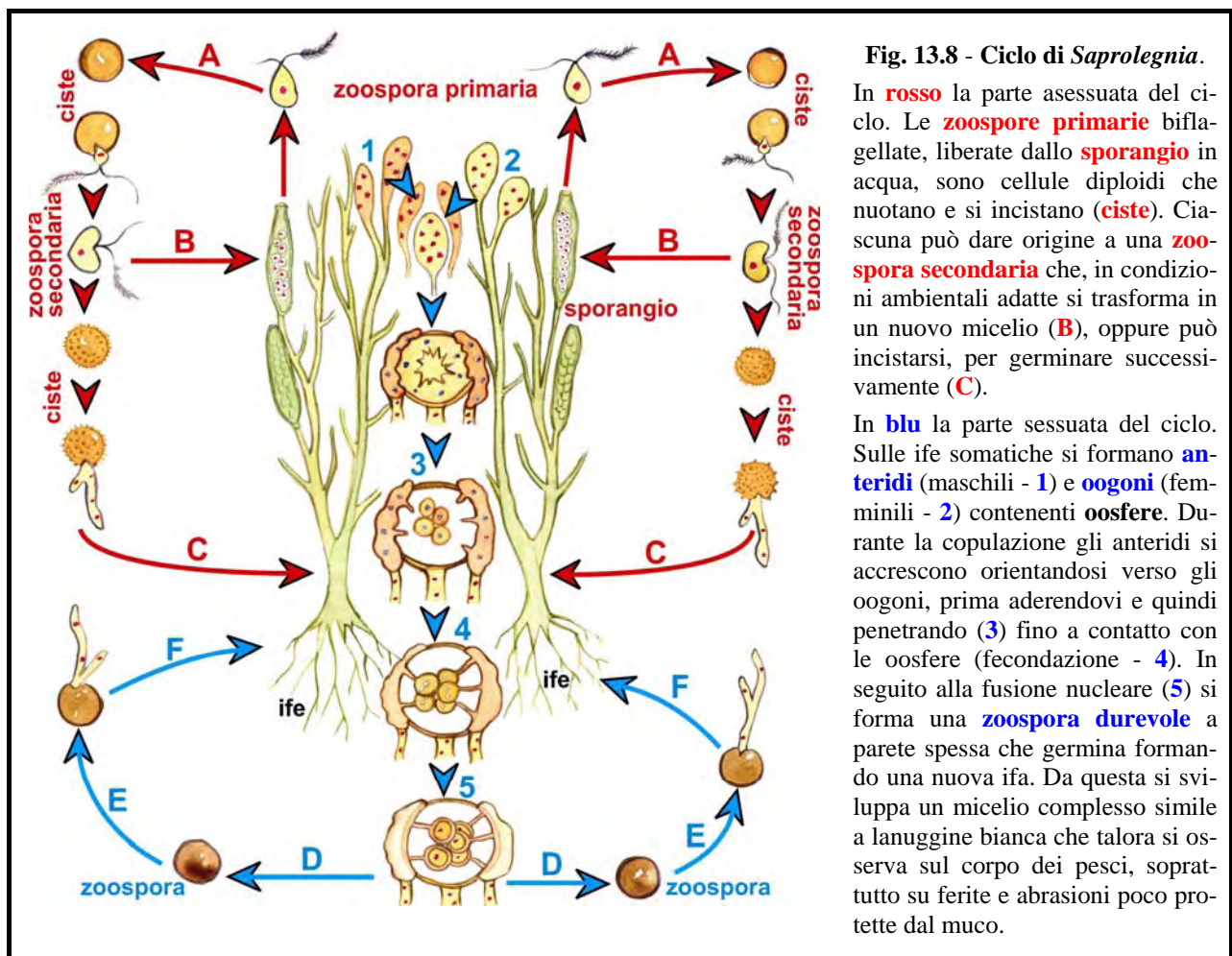


Fig. 13.8 - Ciclo di *Saprolegnia*.

In rosso la parte asessuata del ciclo. Le **zoospore primarie** biflagellate, liberate dallo **sporangio** in acqua, sono cellule diploidi che nuotano e si incistano (**ciste**). Ciascuna può dare origine a una **zoospora secondaria** che, in condizioni ambientali adatte si trasforma in un nuovo micelio (**B**), oppure può incistarsi, per germinare successivamente (**C**).

In blu la parte sessuata del ciclo. Sulle ife somatiche si formano **anteridi** (maschili - 1) e **oogoni** (femminili - 2) contenenti **oosfere**. Durante la copulazione gli anteridi si accrescono orientandosi verso gli oogoni, prima aderendovi e quindi penetrando (3) fino a contatto con le oosfere (fecondazione - 4). In seguito alla fusione nucleare (5) si forma una **zoospora durevole** a parete spessa che germina formando una nuova ifa. Da questa si sviluppa un micelio complesso simile a lanuggine bianca che talora si osserva sul corpo dei pesci, soprattutto su ferite e abrasioni poco protette dal muco.

Nelle acque dolci distinguiamo gli Archimiceti (cellule nude parassite), Ficomiceti (unicellulari o organizzati in micelio, ma privi di pareti trasversali) oltre ai "funghi imperfecti" (dei quali ne è sconosciuta la riproduzione sessuata). In fig. 13.6 sono rappresentati il *Mucor racemosus* (1a; su frutta marcia, letame equino, terreno; sviluppo massivo nelle acque di scarico dove forma rivestimenti pelosi o a ciuffi sui corpi sommersi), *Monoblepharis sphaerica* (1b; su legno in acque ricche di ossigeno; su substrati putrescenti di origine animale; forma zolle biancastre a forma di ruota su rami e tronchi in acqua), *Saprolegnia thureti* (1c; fungo acquatico, parassita, che forma batuffoli fluttuanti biancastri su insetti, pesci e loro uova, sia in

ambiente naturale, sia soprattutto negli allevamenti), *Achiya racemosa* (**1d**; in tutte le acque su resti vegetali e animali), *Leptomitus lacteus* (**1e**; in acque correnti mesotrofiche forma fasce fluttuanti e galleggianti; nei fiumi inquinati ricopre tutti gli oggetti come una massa membranosa; sviluppo massivo in inverno). In **fig. 13.5** sono rappresentati gli oogoni e le oospore di *Saprolegnia*; di tale fungo si conosce il ciclo (**fig. 13.8**).

13.4 - Il regno delle Piante

Dal gruppo dei Protisti comprendenti le “vere alghe”, si sono evoluti i primi vegetali appartenenti al regno delle piante. Le caratteristiche di questo regno sono le seguenti:

- organismi pluricellulari;
- cellule eucariote provviste di parete di cellulosa esterna alla membrana cellulare;
- organismi fotosintetici con presenza di cloroplasti (alcune piante parassite che hanno perso la capacità di compiere fotosintesi mancano di cloroplasti);
- capacità di accumulare carboidrati di riserva sotto forma di amido o di saccarosio.

Si descrivono alcuni fra gli organismi più diffusi delle idrofite e delle elofite (Briofite, Pteridofite e Fanerogame) e le specie tipiche della vegetazione riparia (arbusti ed alberi sulle sponde delle zone umide). Idrofite ed elofite sono piante legate strettamente all'ambiente acquatico. Le **idrofite** sono totalmente acquatiche, con fusti e foglie sommersi o galleggianti, in genere al centro degli stagni o nei canali (*Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*). Le **elofite** vivono sulle sponde, dove l'acqua è bassa o il terreno molto umido e hanno solo le radici e il piede sommersi (*Sparganium*). I fiori, sono in genere in entrambe aerei e la fecondazione avviene ad opera del vento (anemofila) o degli insetti (entomofila). Caratteristica comune a molte piante acquatiche è l'eterofillia, cioè la presenza, sulla stessa pianta, di foglie di diversa struttura e morfologia. Le foglie aeree, in genere, presentano la stessa struttura delle foglie delle piante terrestri, mentre quelle sommerse hanno lamina più sottile e flessibile, tessuti meccanici poco sviluppati, epidermide non cutinizzata e stomi (strutture deputate all'evapotraspirazione fogliare) mancanti o non funzionanti. Nella maggior parte delle piante acquatiche è presente, nei fusti sommersi e nei rizomi, una struttura anatomica detta “aerenchima”; essa è costituita da spazi intercellulari, fra loro collegati e formanti una vasta rete di canali e di cavità, che adempiono alla funzione di trasportare l'aria prelevata dalle foglie aeree verso le parti più profonde della pianta e conferiscono la rigidità o il galleggiamento ai fusti e alle foglie sommerse.

Probabilmente le piante si sono evolute da alghe verdi pluricellulari che vivevano in ambienti umidi. I primi vegetali che hanno conquistato l'ambiente terrestre, ma ancora legati all'acqua per la riproduzione, dovevano essere simili agli attuali muschi (**BRYOPHYTA**: prive di radici) comparse nel Siluriano, 400 milioni di anni fa. Il loro ciclo inizia da una spora che origina un corpo verde (protonema); da questo si sviluppa una lamina o un fusticino con foglie (gametofito aploide) sul quale si formano anteridi ed archegoni; i primi producono anterozoi, mobili con due ciglia; i secondi, con forma di fiasco, producono l'ovocellula. Grazie all'acqua gli anterozoi penetrano nell'archegonio e fecondano l'ovocellula con formazione dello zigote. Questo si sviluppa (sporofito) ed origina nuove spore chiudendo il ciclo. Le Briofite costituiscono il gruppo più primitivo delle piante terrestri, annoverano idrofite, assieme ad altre che non vivono in ambienti acquatici, ma che necessitano di elevata umidità. Ne fanno parte le epatiche, fra le quali ricordiamo la riccia (*Riccia fluitans*, nella vegetazione galleggiante di acque stagnanti) e i muschi. Importanti per gli ambienti acquatici sono gli sfagni, nei luoghi molto umidi in acque acide, in grandi masse; contribuiscono, con i loro corpi morti, alla formazione della torba. Gli sfagni hanno grande importanza nel modificare il paesaggio, tendendo a riempire i piccoli laghi per trasformarli velocemente in torbiere.

Le **PTERIDOPHYTA** rappresentano un ulteriore passo evolutivo (comparse fra il Devoniano e il Carbonifero, oltre 300 milioni di anni fa) poiché dipendono meno strettamente dall'acqua. Posseggono radici, fusto e foglie, ma non hanno ancora fiori e semi. Il ciclo riproduttivo è simile a quello delle Briofite, ma lo sporofito è molto più sviluppato del gametofito. Le Pteridofite più note sono le felci e gli equiseti. Non mancano le piante strettamente acquatiche fra le quali si può citare la *Salvinia natans* (**16** in **fig. 13.9**) anche detta “erba pesce”, vegetale galleggiante in grado di occupare vaste estensioni degli specchi stagnanti.

Con le **PHANEROGAMAE** si affermano piante che vivono in ambienti con scarsa umidità; ciò non significa che tutte le fanerogame siano terrestri, in quanto molte sono idrofite o elofite; anzi le piante acquatiche sono ben più numerose tra questo grande gruppo rispetto a quelli precedenti. Nel Permiano (250 milioni di anni fa) comparvero le *Gymnospermae*, piante legnose con ovuli e semi nudi (senza ovari e veri

frutti) comprendenti le cicadali (palme), le ginkgoali e le coniferali (abeti, pini, larici,...) attualmente senza rappresentanti fra le idrofite. Si tratta di piante che dominarono il pianeta nell'era successiva, ma che dovettero cedere il primato alle *Angiospermae*; gruppo comparso nel Cretaceo (140 milioni di anni fa), comprendente le piante con fiori, frutti e semi. Fra le Angiosperme troviamo il maggior numero di idrofite.

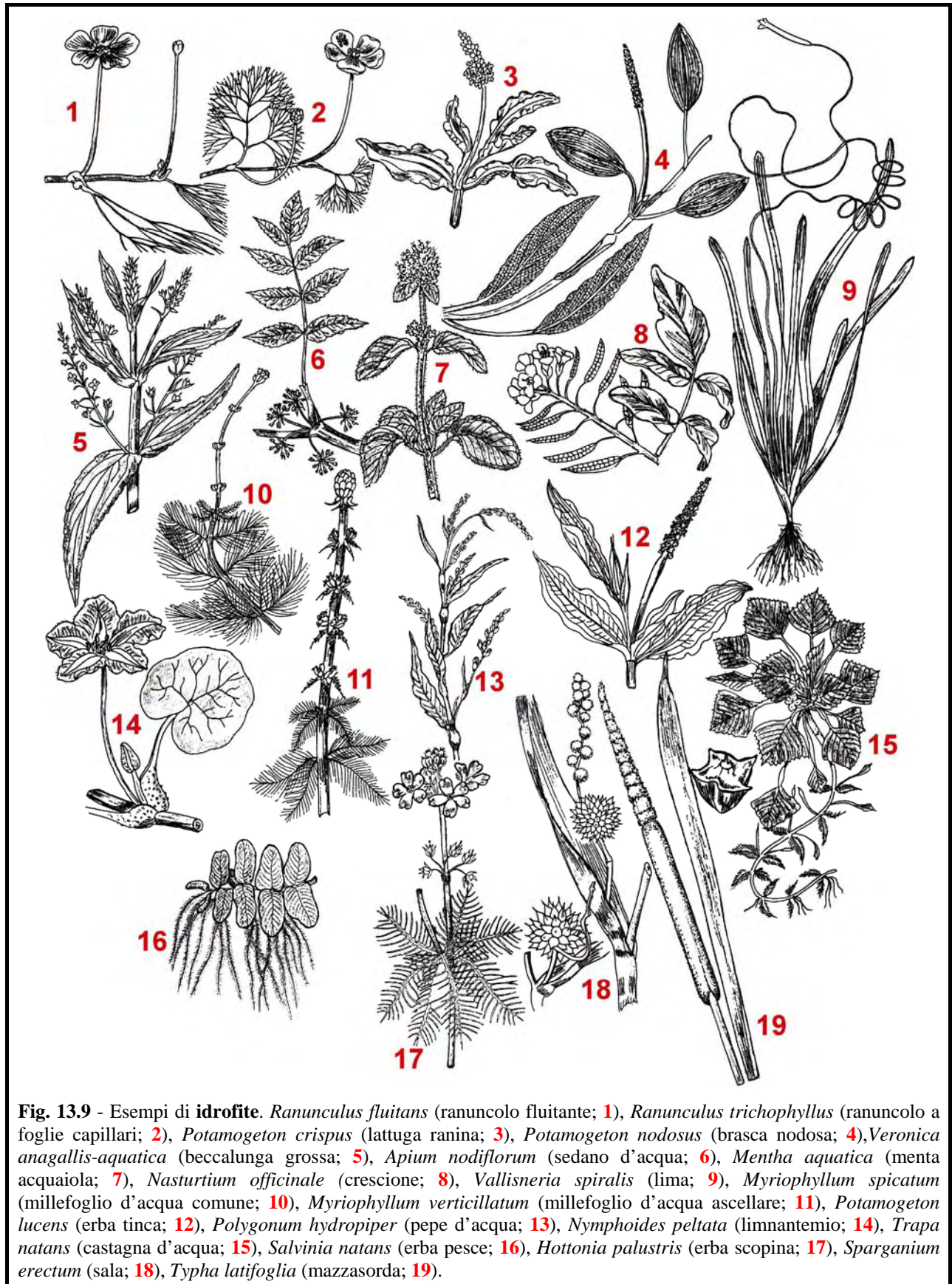


Fig. 13.9 - Esempi di **idrofite**. *Ranunculus fluitans* (ranuncolo fluitante; **1**), *Ranunculus trichophyllus* (ranuncolo a foglie capillari; **2**), *Potamogeton crispus* (lattuga ranina; **3**), *Potamogeton nodosus* (brasca nodosa; **4**), *Veronica anagallis-aquatica* (beccalunga grossa; **5**), *Apium nodiflorum* (sedano d'acqua; **6**), *Mentha aquatica* (menta acquaiola; **7**), *Nasturtium officinale* (crescione; **8**), *Vallisneria spiralis* (lima; **9**), *Myriophyllum spicatum* (millefoglio d'acqua comune; **10**), *Myriophyllum verticillatum* (millefoglio d'acqua ascellare; **11**), *Potamogeton lucens* (erba tinca; **12**), *Polygonum hydropiper* (pepe d'acqua; **13**), *Nymphoides peltata* (limniantemio; **14**), *Trapa natans* (castagna d'acqua; **15**), *Salvinia natans* (erba pesce; **16**), *Hottonia palustris* (erba scopina; **17**), *Sparganium erectum* (sala; **18**), *Typha latifolia* (mazzasorda; **19**).

Le piante acquatiche si dividono in base ai tipi di zone umide in cui sono presenti. La **vegetazione d'acqua corrente** è caratterizzata da piante munite di un apparato radicale la cui funzione è solo in parte paragonabile a quella dei vegetali terrestri; il problema principale è rappresentato dalla necessità di un buon ancoraggio al fondo per evitare il trascinarsi da parte della corrente. Se una pianta terrestre necessita dell'apparato radicale per assorbire acqua e sali dal terreno umido, un vegetale acquatico si trova immerso nell'acqua; le radici perdono le funzioni di assorbimento diventando più importante quella di ancoraggio. Nei corsi d'acqua con corrente veloce e con regime idrologico variabile le idrofite possono essere del tutto assenti. Il caso estremo è rappresentato dai corsi a regime nivoglaciale nei quali, nel periodo estivo, quello più adatto per la vegetazione, l'acqua è molto torbida per l'elevato carico solido derivante dal detrito morenico; la torbidità ostacola lo sviluppo dei vegetali per l'azione di abrasione da parte dei detriti fini sul corpo delle piante ed impedisce alla luce di penetrare in modo sufficiente alla fotosintesi. L'elevato carico solido favorisce i fenomeni di erosione e di instabilità del fondale a svantaggio delle piante acquatiche. L'estremo opposto è rappresentato dai canali con acque limpide, a lento corso e con regime idrologico costante, condizioni migliori per lo sviluppo della vegetazione acquatica. Le piante acquatiche delle acque correnti, anche se adattate al movimento dell'acqua, hanno precisi limiti nella loro diffusione; nella maggior parte dei fiumi la vegetazione acquatica è poco abbondante (o almeno non lo è come nelle acque stagnanti); fanno eccezione lenti canali e fiumi di pianura, alcuni corsi d'acqua a valle di sbarramenti artificiali (dove le piene sono limitate dall'accumulo dell'acqua a monte), oppure determinate situazioni dove la vegetazione si sviluppa massivamente durante brevi periodi estivi con scarse portate in ambienti eutrofizzati. Fra le specie d'acqua corrente citiamo *Ranunculus fluitans* (ranuncolo fluitante; **1** in **fig. 13.9**) e *R. trichophyllus* (ranuncolo a foglie capillari; **2** in **fig. 13.9**), che formano "isole" verdi sul fondo di acque limpide e fresche e *Potamogeton crispus* (lattuga ranina; **3** in **fig. 13.9**) che forma grossi cespi sommersi di colore glauco, indicatrice di carico organico, *Potamogeton nodosus* (brasca nodosa; **4** in **fig. 13.9**) simile alla precedente, *Vallisneria spiralis* (lima; **9** in **fig. 13.9**), nota soprattutto per le foglie lineari e nastriformi e dai fiori portati da un lungo peduncolo ad affiorare sulla superficie dell'acqua.

La **vegetazione delle acque sorgive** e di fontanile assume caratteri particolari. Sono vegetali che richiedono acque limpide e con regime idrico costante. Hanno un importante sviluppo aereo oltre che subacqueo e si trovano presso sorgive, ai margini di alvei fluviali, lungo i fontanili ed anche presso le rive, dove la corrente è più debole. Si citano *Veronica anagallis-aquatica* (beccalunga grossa; **5** in **fig. 13.9**), interamente sommersa sul bordo delle acque correnti e con fusti alti fino ad 80 cm, *Apium nodiflorum* (sedano d'acqua; **6** in **fig. 13.9**) che può formare estese isole di vegetazione che sovrastano l'acqua, *Mentha aquatica* (menta acquaiola; **7** in **fig. 13.9**) dal caratteristico profumo, soprattutto quando colpita dai raggi solari, *Nasturtium officinale* (crescione; **8** in **fig. 13.9**) comune e diffuso nei canaletti, sui bordi di rogge e dei corsi maggiori.

La **vegetazione delle acque ferme** si spinge fino al limite inferiore della zona fotica (**par. 2.6**); il fattore limitante principale è la trasparenza, in funzione delle particelle in sospensione di origine organica ed inorganica e della presenza di plancton, soprattutto in condizioni di eutrofia (**par. 12.6**). Le idrofite delle acque stagnanti occupano le zone litorali di laghi e stagni, la superficie di paludi e le zone con acque più tranquille delle rive dei fiumi, non oltre i 2 ÷ 3 m di profondità. L'apparato radicale è ridotto rispetto alle piante di acque correnti, in quanto il problema dell'ancoraggio al fondo è meno importante. Negli ambienti ricchi di vegetazione sono presenti specie adatte ad occupare diversi livelli di profondità; alcune sono completamente sommerse, in grado di svilupparsi con poca luce e di compiere l'intero ciclo sott'acqua; altre hanno tronco e talora foglie sommerse, mentre il resto del corpo giunge fino alla superficie acquatica/aerea (per esempio le foglie della ninfea) soprattutto con i fiori che emergono rendendosi ben visibili; queste piante necessitano di molta luce e la sottraggono agli organismi che vivono alle maggiori profondità. Si citano *Myriophyllum spicatum* (millefoglio d'acqua comune; **10** in **fig. 13.9**) adattato agli ambienti eutrofici e torbidi, *Myriophyllum verticillatum* (millefoglio d'acqua ascellare; **11** in **fig. 13.9**) più strettamente legata alle acque stagnanti, *Potamogeton lucens* (erba tinca; **12** in **fig. 13.9**) che, durante la fioritura (maggio ÷ agosto) espone, alla superficie dell'acqua, spighe verde bruno lunghe fino a 5 cm, *Nymphoides peltata* (limnante mio; **14** in **fig. 13.9**) con foglie simili a quelle delle ninfee e con gialli fiori emergenti, *Trapa natans* (castagna d'acqua; **15** in **fig. 13.9**) nel bacino occidentale del Po, con frutto legnoso munito di punte molto acuminate, *Hottonia palustris* (erba scopina; **17** in **fig. 13.9**) in acque molto pulite. Parte delle piante acquatiche delle acque stagnanti costituisce la cosiddetta **vegetazione galleggiante**, con apparato radicale non ancorato al fondale. Esse "galleggiano" sulla superficie dell'acqua, traggono luce e gas respiratori direttamente dall'atmosfera e sono totalmente dipendenti dai movimenti dell'acqua; possono costituire strati che mantengono le acque sottostanti in penombra. Citiamo, oltre a *Salvinia natans* (erba pesce; **16** in **fig. 13.9**), le lenticchie d'acqua, appartenenti alla famiglia delle *Lemnaceae*, indicatrici di carico organico.

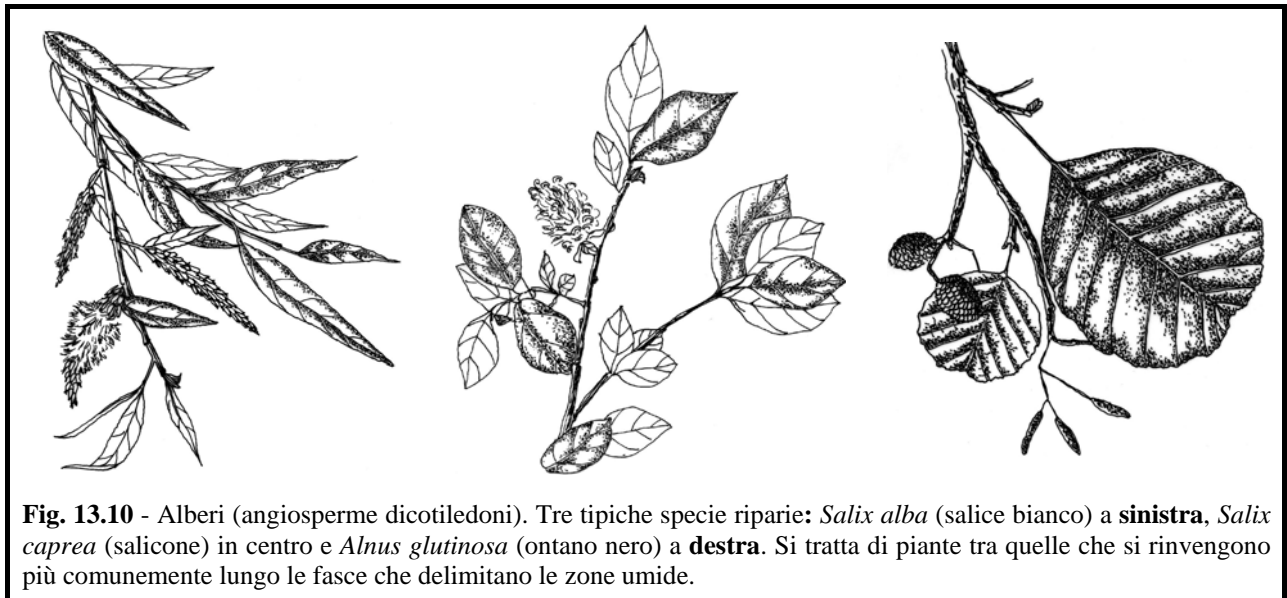


Fig. 13.10 - Alberi (angiosperme dicotiledoni). Tre tipiche specie riparie: *Salix alba* (salice bianco) a **sinistra**, *Salix caprea* (salicene) in centro e *Alnus glutinosa* (ontano nero) a **destra**. Si tratta di piante tra quelle che si rinvengono più comunemente lungo le fasce che delimitano le zone umide.

La **bordura prossimale**, dove l'acqua è poco profonda e vicina alle rive, è caratterizzata da vegetazione con apparato radicale e base del fusto sommersi, ma con buona parte del corpo emergente per utilizzare i gas respiratori dell'atmosfera (zona del canneto). All'esterno lo strato d'acqua è più sottile ed il suo livello varia con il ciclo idrologico. Fuori dell'ambiente acquatico il terreno è impregnato d'acqua, spesso ricco di materiali organici in lenta decomposizione; è il dominio delle elofite. La vegetazione di bordura forma rifugi per molti animali, in particolare vertebrati, soprattutto Uccelli. Dove l'acqua è sempre presente (bordura interna) sono abbondanti piante quali *Alisma plantago-aquatica* (mestolaccia), *Butomus umbellatus* (giunco fiorito), *Polygonum hydropiper* (pepe d'acqua; **13** in **fig. 13.9**), *Phragmites australis* (cannuccia di palude), *Sparganium erectum* (sala; **18** in **fig. 13.9**), *Schoenoplectus lacustris* (lisca lacustre), *Typha latifolia* (mazzasorda; **19** in **fig. 13.9**), ecc... La vegetazione della bordura esterna comprende elofite quali le felci palustri, giunchi, carici,...

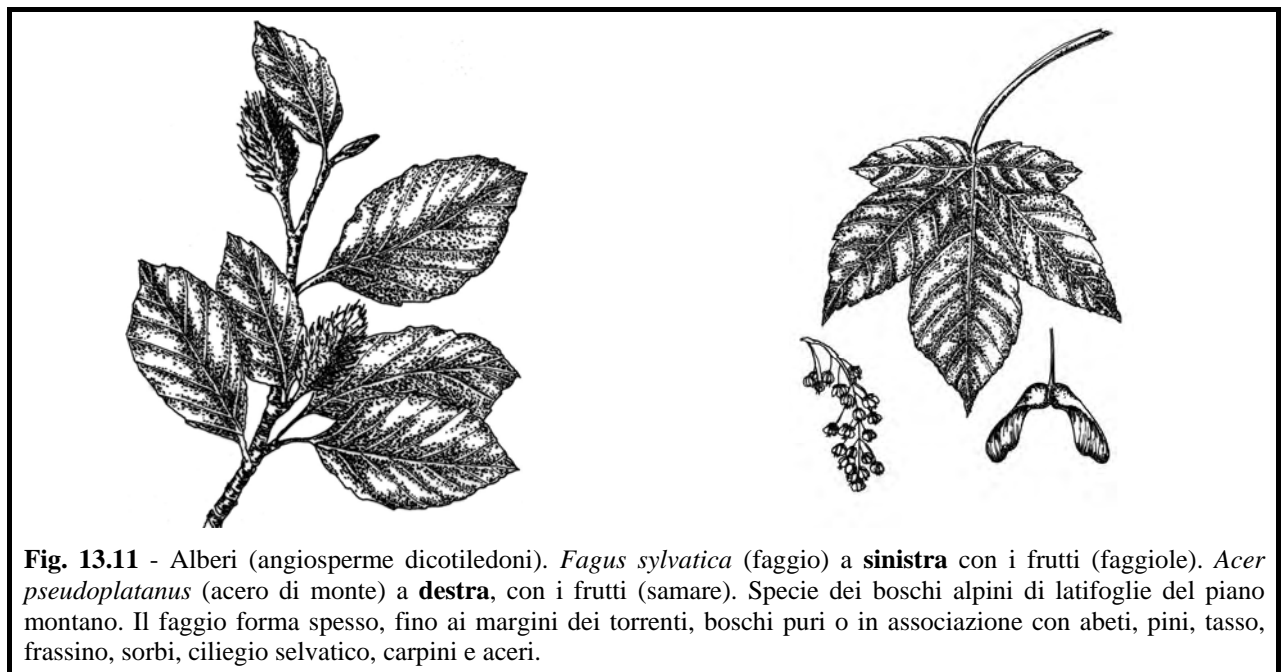


Fig. 13.11 - Alberi (angiosperme dicotiledoni). *Fagus sylvatica* (faggio) a **sinistra** con i frutti (faggiole). *Acer pseudoplatanus* (acero di monte) a **destra**, con i frutti (samare). Specie dei boschi alpini di latifoglie del piano montano. Il faggio forma spesso, fino ai margini dei torrenti, boschi puri o in associazione con abeti, pini, tasso, frassino, sorbi, ciliegio selvatico, carpini e aceri.

La **vegetazione riparia** è costituita soprattutto da angiosperme (alberi e arbusti) adattate a terreni sciolti e ben drenati (spesso materiali alluvionali), quali sabbie e ghiaie presso i torrenti montani e pedemontani o materiali più fini (pelitici) lungo le rive dei fiumi e delle acque stagnanti di pianura. Sono piante che crescono bene in presenza di molta umidità nei terreni, appartenenti a due famiglie principali: le *Betulaceae* (betulla ed ontano nero) e le *Salicaceae* (varie specie di salici e pioppi; **fig. 13.10**). Betulle, ontani e salici

costituiscono la vegetazione riparia di torrenti montani e pedemontani. La vegetazione riparia contribuisce alla stabilità delle sponde fluviali, consentendo l'insediamento, verso l'esterno, di specie che richiedono versanti freschi e umidi, ma più esigenti, come il faggio e l'acero (**fig. 13.11**), contribuendo in modo importante alla stabilità delle sponde fluviali. Essa si oppone infatti con efficacia all'erosione dell'acqua contro le sponde. Le attuali tecniche di ingegneria naturalistica utilizzano tali piante per il consolidamento delle scarpate fluviali e per la rinaturalizzazione delle opere di sistemazione idrogeologica.

13.5 - Il regno degli Animali

Una tappa importante dell'evoluzione è il passaggio dallo stadio unicellulare a quello pluricellulare. La selezione ha favorito i pluricellulari in ragione della possibilità di maggiori specializzazioni. I Protozoi hanno notevoli limiti nel movimento e nell'adattamento all'ambiente; dimensioni eccessive delle cellule creano problemi di rapporti tra nucleo e citoplasma; la grandezza dei ciliati ha imposto una certa specializzazione di diverse porzioni della cellula e lo sviluppo di un macronucleo accanto al micronucleo. Essendo meccanicamente e fisiologicamente impossibile la formazione di cellule più grandi, la selezione ha favorito le colonie, le cui dimensioni non possono comunque superare certi limiti. I mezzi di locomozione devono essere più efficaci di quanto lo siano ciglia e flagelli; sorge il problema della comunicazione fra i vari gruppi di cellule, tra tessuti ed organi, man mano che essi crescono e si specializzano.

Nei Protozoi la riproduzione asessuata è molto frequente; nei Metazoi la riproduzione sessuale è la norma; essa è favorita dalla selezione naturale perché negli scambi di informazioni genetiche sono maggiormente possibili modifiche che favoriscono l'adattamento all'ambiente. L'uovo fecondato inizia la segmentazione trasformandosi in un gruppo di numerose cellule (blastomeri), fino a formare un corpo più o meno globoso (morula); successivamente esso si trasforma in blastula in cui i blastomeri si dispongono in un unico strato racchiudente una cavità (blastocele) ripiena di liquido. Una porzione dello strato della blastula si introflette all'interno formando una sorta di sacchetto (gastrula) a doppia parete (ectoderma ed endoderma), con una cavità interna detta archenteron e un foro detto blastoporo. Gli appartenenti al regno animale hanno pertanto le seguenti caratteristiche comuni, che li differenziano dai gruppi sistematici che li hanno preceduti:

- sono eucarioti, eterotrofi e pluricellulari;
- hanno corpo con una forma propria, costituito da molti tipi di cellule, differenziate in funzione del compito che svolgono ed organizzate in tessuti, organi e apparati;
- hanno sistemi muscolari e nervosi ben organizzati e in grado di rispondere agli stimoli;
- sono diploidi per tutto il loro ciclo vitale (ad eccezione per i gameti che sono aploidi);
- La riproduzione è di tipo sessuale (anche se permangono, nei gruppi più primitivi, fasi di riproduzione asessuata) ed avviene a seguito dell'incontro di gameti femminili (uova), grandi e statiche, con piccoli spermatozoi che si muovono attivamente per la presenza del flagello.

Il regno animale si divide in due grandi gruppi: **invertebrati**, privi di uno scheletro interno (endoscheletro) e **vertebrati**, al quale si riferiscono tutti gli altri. A questo secondo gruppo appartengono le cinque classi dei **pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi**. Alla classe dei pesci è dedicato un capitolo specifico (**14**) per l'evidente interesse che essi rappresentano per l'ambiente acquatico.

Nei **metazoi diploblastici** lo sviluppo embrionale si arresta allo stadio di gastrula; nella loro struttura essenziale, sono paragonabili a "sacchetti viventi", con organi più o meno complessi e differenziati a seconda dei gruppi sistematici (il termine "diploblastici" significa che lo sviluppo embrionale si arresta allo stadio in cui si sono formate due sole pareti, l'ectoderma e l'endoderma). Vengono distinti in tre gruppi: **Porifera, Cnidaria** e **Ctenophora** (quest'ultimo comprendente esclusivamente organismi marini).

La struttura dei **PORIFERA** (spugne) per lo più marini, è paragonabile ad un sacchetto a doppia parete, vincolato ad un substrato, con un foro (osculo) aperto verso l'alto. La doppia parete del sacchetto è attraversata da canalicoli attraverso i quali l'acqua, dall'esterno, insieme a particelle organiche, piccole alghe, batteri,... penetra nella cavità interna (una sorta di cavità gastrica) per essere espulsa attraverso l'osculo. È questo movimento, assicurato dal lavoro dei flagelli di alcune cellule che si affacciano nel lume della cavità interna, che spiega l'origine del nome "poriferi". Il cibo introdotto nella cavità è catturato da cellule specializzate che lo digeriscono espellendo i rifiuti; questi sono allontanati con l'acqua che esce dall'osculo. I materiali digeriti sono riversati nello spazio fra le due pareti (mesoglea) entro il quale si trovano cellule specializzate che trasportano il nutrimento a tutto il corpo. Nella mesoglea si trovano

corpuscoli (spicole) calcarei o silicei o fibre di scleroproteine utili per conferire consistenza al corpo dell'animale. La riproduzione asessuata avviene per gemmazione. Sulla superficie della spugna si formano gemme che si staccano, migrano, si fissano ad un substrato e riformano un nuovo individuo. Oppure le stesse gemme non si staccano, ma si sviluppano immediatamente contribuendo alla formazione di una struttura più o meno complessa e ramificata come quella di *Spongilla lacustris* (7 in **fig. 13.6**), la più diffusa in acque dolci. La riproduzione sessuata avviene grazie alla presenza di cellule (gonociti) che producono, attraverso la meiosi, anisogameti. Spermatozoi flagellati penetrano nel corpo della spugna attraverso l'acqua per unirsi alle uova. In primavera dalle uova nascono larve mobili flagellate che si fissano al substrato originando nuovi individui. La maggior parte delle specie è ermafrodita; gli elementi germinali dei due sessi maturano in epoche diverse e talvolta in differenti regioni del corpo.

Il gruppo **CNIDARIA** è rappresentato soprattutto da organismi marini, ma non mancano specie d'acqua dolce. Gli cnidari possono essere liberi (meduse) o fissi (polipi); le due possono alternarsi nel ciclo vitale in cui la prima presiede alla riproduzione sessuata. Il polipo è una sorta di gastrula fissa al substrato con l'estremità posteriore, mentre quella anteriore, presso la quale si apre la bocca, è rivolta verso l'alto. La bocca è circondata da tentacoli conici e flessibili ed immette in una cavità a fondo cieco (gastrovascolare) che manda prolungamenti nei tentacoli. La medusa è praticamente un polipo capovolto e libero; la porzione aborale (che nel polipo assicura l'adesione) nella medusa è rivolta in alto, mentre la zona orale è concava e la bocca (rivolta in basso) si apre all'apice di una sporgenza (manubrio). Il corpo della medusa assume la forma di una campana od ombrello in cui si distingue una superficie convessa superiore (exombrella) ed una concava circondante la bocca (subombrella); le due si uniscono in corrispondenza del "margine ombrellare" da cui pendono i tentacoli sui quali si trovano molti cnidoplasti. I polipi sono sessili, mentre le meduse sono pelagiche, in grado di compiere spostamenti grazie alla contrazione della muscolatura ombrellare. Il loro potere urticante è spesso elevato. Gli cnidoplasti sono cellule caratteristiche di questo gruppo. Il nucleo e il citoplasma sono limitati alle zone periferiche, mentre gran parte della cellula è occupata da una capsula (cnidocisti) con parete chitinoide. All'interno della capsula è contenuto un liquido urticante con potere ipnotossico ed un lungo filamento avvolto a spirale; il citoplasma emette un prolungamento rigido (cnidociglio) sporgente all'esterno. L'urto di una preda contro il cnidociglio, fa estroflettere il filamento che penetra nei tessuti come l'ago di una siringa e inocula il liquido contenuto nella capsula. La riproduzione asessuata avviene per gemmazione di polipi; dalle gemme si sviluppano individui che rimangono vincolati formando delle colonie; oppure le gemme possono staccarsi e andare a fissarsi in altri luoghi (più o meno come si verifica nelle spugne). Le meduse si formano per gemmazione da polipi specializzati; sono generalmente a sessi separati e producono gameti maschili o femminili; i primi sono liberi e possono fecondare le uova portate dagli individui dell'altro sesso. Le uova fecondate danno origine ad una larva (planula) dotata di movimento; essa ricerca un substrato adatto per fissarsi e svilupparsi in un polipo. In **fig. 13.6** sono rappresentati *Craspedacusta sowerby* (**8a**; fino a 20 mm di diametro; si nutre di piccoli crostacei, rotiferi e protozoi; riposa in posizione rovesciata sui fondali; presente come zooplancton nei laghi alpini e nei fiumi a lento corso) e *Hydra oligactis* (**8b**; alta fino a 3 cm; in acque ben illuminate di laghi e stagni).

Gli altri Metazoi presentano un'organogenesi che inizia da tre foglietti embrionali con lo sviluppo di un tessuto morfogenetico (**mesoderma**). Questo foglietto si comporta diversamente a seconda dei vari gruppi e permette di riconoscere le diverse categorie rappresentanti delle successive tappe evolutive della vita animale. Infatti, in funzione dello sviluppo del mesoderma, i metazoi triploblastici (con tre foglietti embrionali) si distinguono in acelomati e celomati. I **metazoi triploblastici acelomati** raggruppano i *Plathelminthes*, *Rotifera*, *Gastrotricha*, *Nematoda* e *Nemertea* (con una sola specie d'acqua dolce), *Entoprocta*, *Echinodera* e *Priapulida* (esclusivamente marini) e *Acanthocephala* (esclusivamente parassiti di vertebrati e invertebrati terrestri ed acquatici). Negli acelomati il mesoderma è un tessuto di riempimento, detto parenchima. Esso ha origine da ammassi cellulari derivati dagli altri due foglietti; questi ammassi si organizzano in modo da assumere una propria struttura in modo da originare tessuti ed organi.

I **PLATHELMINTES** hanno corpo allungato ed appiattito (vermi piatti) con simmetria bilaterale, privi di sistema respiratorio; sistema circolatorio rudimentale, senza organo propulsore (il liquido interstiziale, contenuto in lacune del parenchima, circola mediante la contrazione della muscolatura del corpo). Posseggono un semplice cervello e spesso anche degli occhi. La bocca si trova sul lato addominale, spesso in posizione anteriore; manca l'orificio anale e ciò che non viene digerito è espulso dalla bocca, mentre l'apparato digerente viene lavato con l'acqua. La fecondazione è interna; l'apparato riproduttore è ermafrodita. Quello maschile è formato da due testicoli a cui seguono due dotti deferenti che possono presentare, nel tratto terminale, una o due vescicole seminali; essi sboccano in una tasca in cui è contenuto un organo copulatore (cirro). L'apparato femminile è costituito da due ovari a cui seguono due ovidotti che

riunendosi formano una vagina che sbocca in un atrio genitale. Spesso lo sbocco dei dotti è comune nei due sessi. I plattelminti comprendono tre classi: *Turbellaria*, *Trematoda* e *Cestoda*. I trematodi e i cestodi sono parassiti. I turbellari, oltre a comprendere macroinvertebrati, come le planarie (fig. 13.12) lunghe fino ad alcuni centimetri, sono rappresentati anche da specie della microfauna. Sono mobili e contrattili; strisciano sul fondo, scivolano sulle ciglia addominali; alcune piccole specie nuotano. Le cellule cutanee secernono un muco velenoso che funge da protezione contro le ferite e le infezioni; posseggono altri sistemi di difesa grazie a ghiandole sottocutanee; in tal modo i turbellari hanno pochi nemici. Molte specie sono predatrici; altre arricchiscono la dieta con alghe unicellulari. Ricordiamo *Macrostomum rostratum* (9a in fig. 13.6; fino a 2 mm; in acque correnti, stagni e laghi) e *Otomesostoma auditivum* (9b in fig. 13.6; fino a 3 ÷ 4 mm; nel fango di laghi limpidi e freddi).

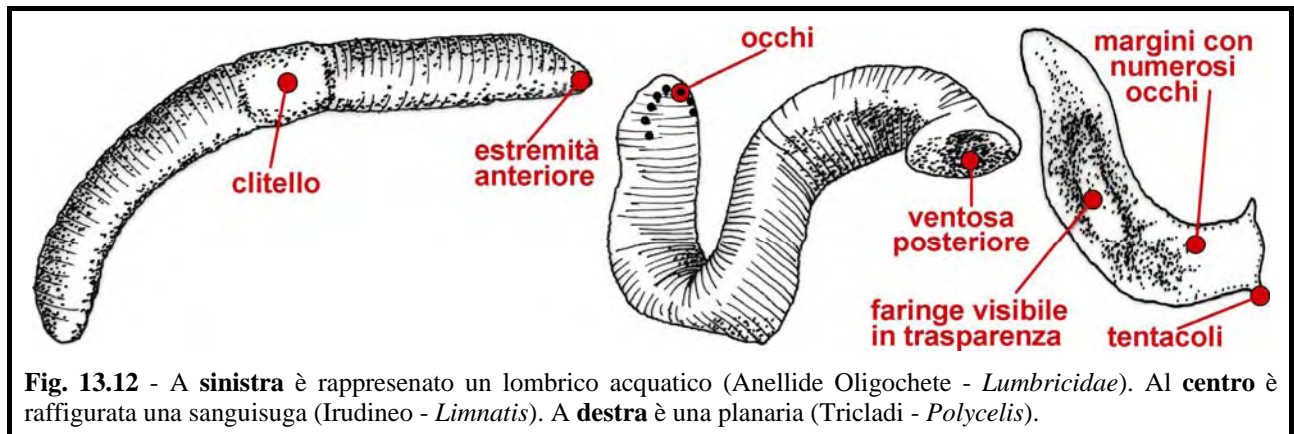
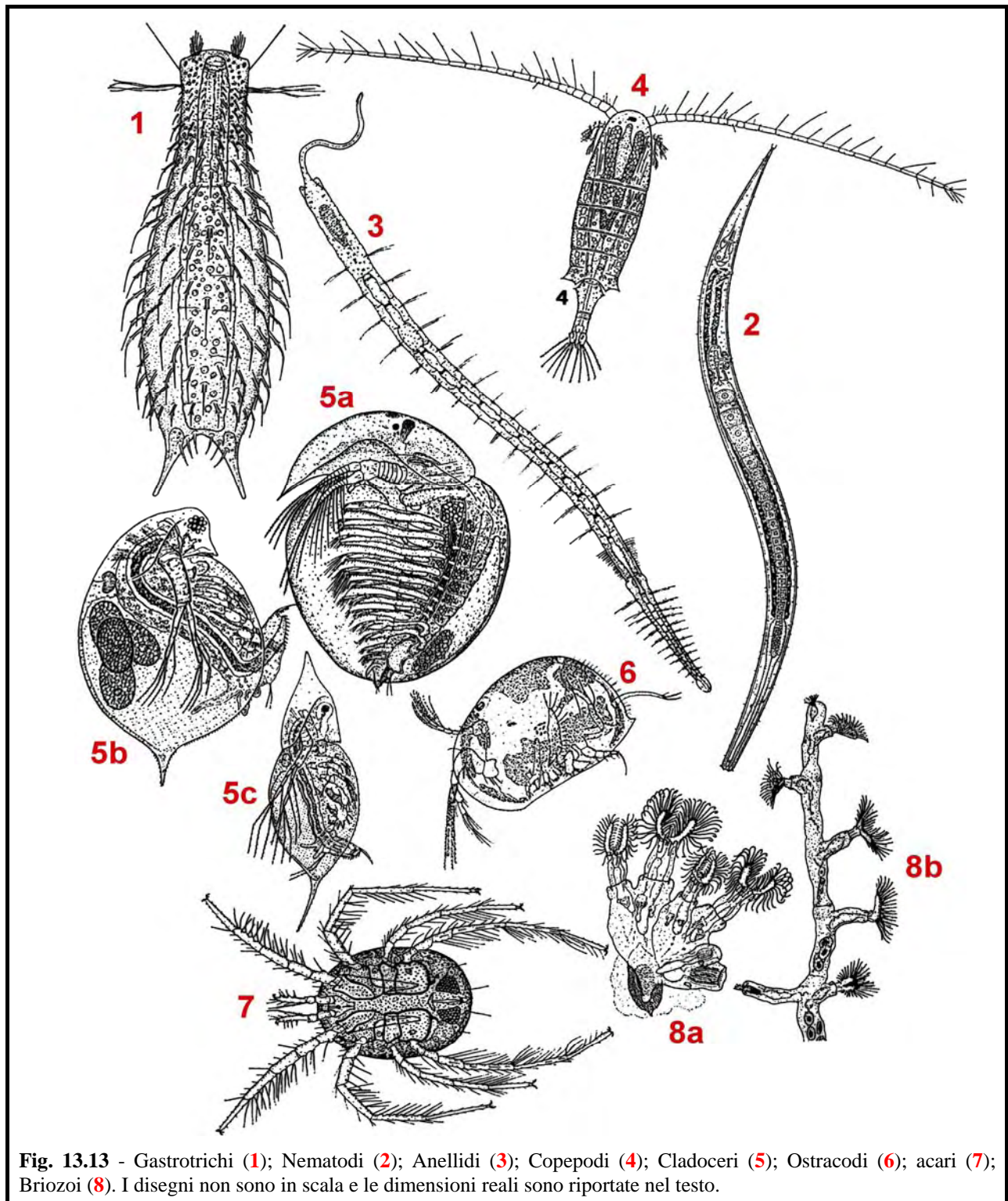


Fig. 13.12 - A sinistra è rappresentato un lombrico acquatico (Anellide Oligochete - Lumbricidae). Al centro è raffigurata una sanguisuga (Irudineo - Limnatis). A destra è una planaria (Tricladi - Polycelis).

I **ROTIFERA** hanno l'estremità anteriore modificata in un organo ciliato detto apparato rotatorio (il battito delle ciglia dà l'impressione di una ruota in movimento). Sono piccoli e vivono soprattutto in acque dolci, più raramente salmastre, marine o nel terriccio umido. Qualche specie è commensale o parassita. Il dimorfismo sessuale è pronunciato. Nelle femmine (il maschio è molto regredito) si distinguono un capo, un tronco e una coda, questa talvolta terminante in due appendici (furca). Corpo protetto da una cuticola a placche costituente una sorta di corazza (lorica). La bocca è situata sub-ventralmente, seguita dal faringe e da un ventriglio contenente due pezzi articolati che funzionano come mandibole. È presente l'apertura anale, ma mancano gli apparati circolatorio e respiratorio. Il sistema nervoso è formato da un solo ganglio centrale. L'ovario è rudimentale. Il maschio ha grossi testicoli e deferente apertesi in una grossa papilla copulatrice. Nel ciclo vitale sono presenti femmine amittiche che producono uova diploidi (quindi non avviene meiosi); da esse si originano nuove femmine amittiche. In condizioni ambientali sfavorevoli compaiono femmine mitiche che, per meiosi, producono uova aploidi; se queste vengono fecondate, si ha deposizione in autunno e schiusa in primavera con formazione di femmine. Se le uova non vengono fecondate, alla schiusa compaiono maschi aploidi. In fig. 13.6 sono rappresentati *Collotheca ornata cornuta* (10a; 250 ÷ 650 µm; in acque stagnanti, pozzanghere, soprattutto in tarda estate ed in autunno), *Philodina roseola* (10b; 300 ÷ 400 µm; in stagni e fra i muschi), *Gastropus stylifer* (10c; 100 ÷ 250 µm; zooplancton di stagni e laghi), *Pedalia mira* (10d; con esemplari fino a 400 µm; zooplancton di stagni e laghi in tarda estate ed in autunno).

I **GASTROTRICHA** sono organismi microscopici (i più grandi arrivano a 1,5 mm) che vivono nelle acque dolci e raramente in quelle marine. Nel corpo, allungato ed appiattito, il capo è distinguibile per la presenza di occhi, fossette sensoriali ciliate, ciuffi di ciglia e setole, mentre il tronco (provvisto di cuticola e con rivestimento ciliare nella parte ventrale) termina con una estremità bifida. L'apparato digerente inizia con una apertura boccale sull'estremità anteriore del corpo, continua con un faringe ed un tratto digerente mediano; l'ano, provvisto di uno sfintere, si apre in posizione ventrale o dorsale. Assenti gli apparati circolatorio e respiratorio (la respirazione ha luogo tramite la parete del corpo). Il sistema nervoso è costituito da due grossi gangli cerebrali situati ai lati della estremità anteriore del faringe. Strutture cuticolari caratteristiche dei gastrotrichi sono i tubi adesivi distribuiti, in numero talvolta elevato, in diverse zone del corpo. Sono piccoli tubi cilindrici che si sollevano dalla superficie cuticolare, mobili per proprie formazioni muscolari. Ogni tubo è in rapporto con una cellula ghiandolare che secerne una sostanza vischiosa utilizzata dall'animale per aderire al substrato. La riproduzione delle forme d'acqua dolce avviene esclusivamente per partenogenesi. Come esempio in fig. 13.13 è rappresentato *Chaetonotus schultzei* (1; 350 ÷ 400 µm; rinvenibile in pozzanghere e acque basse di stagni e laghi).



I **NEMATODA** sono organismi filiformi rivestiti da una resistente cuticola; annoverano numerose specie, molte delle quali parassite. Alcune possono raggiungere grandi dimensioni, ma la maggior parte di quelle libere fanno parte della microfauna. Sono cilindrici, trasparenti e molto mobili. Tubo digerente completo e rettilineo, dalla bocca (talvolta con denti chitinosi), attraverso un faringe, un esofago (avvolto da muscoli aspiratori), un intestino, un retto (dove possono essere presenti ghiandole rettali), fino all'ano che, nel maschio, sbocca insieme ad deferente in una cloaca armata di spicole copulatrici. Sistema nervoso formato da un anello gangliare periesofageo con otto cordoni nervosi motori e sensitivi. Il maschio ha un solo testicolo con vescicola seminale. La femmina ha due ovari, due ovidotti, due uteri ed una vagina con sbocco verso il terzo anteriore del corpo. Riproduzione con fecondazione interna. In alcune specie il numero dei maschi è ridotto ed oltre alle femmine vi sono ermafroditi. Le loro gonadi producono prima spermatozoi, poi uova fecondate dagli spermatozoi prima prodotti dallo stesso individuo; vi sono casi di partenogenesi. In **fig.**

13.13 è rappresentato *Monhystera similis* (**2**; 0,3 ÷ 0,9 mm) abbondante sui fondali di diversi ambienti acquatici. I Nematodi d'acqua dolce rosicchiano materiali vegetali morti e carogne, fagocitano detriti e diatomee, assorbono batteri, divorano alghe filamentose, Rotiferi, bucano cellule vegetali vive per svuotarle.

La tappa evolutiva successiva dei metazoi è la formazione del celoma a partire dal mesoderma, le cui cellule costituiscono, ai lati del tubo digerente, ammassi in successione antero-posteriore; questi si scavano in sacchi racchiudenti cavità il cui insieme costituisce il celoma. La segmentazione del mesoderma in una serie di sacchi, determina la ripetizione degli organi lungo il corpo. Il celoma ha importanza decisiva sull'architettura generale del corpo ed ha, come prima funzione, quella di permettere movimenti liberi degli organi interni che vi sono sospesi. I **metazoi triploblastici celomati**, comprendono *Anellida*, *Echiuroidea* e *Sipunculoidea* (esclusivamente marini), *Onychophora* (unicamente nell'emisfero australe), *Tardigrada* (poco rappresentati negli ambienti acquatici), *Linguatulida* (parassiti di vertebrati terrestri), *Artropoda*, *Mollusca*, *Bryozoa*, *Phoronidea*, *Brachiopoda*, *Chaetognata*, *Pterobranchia*, *Enteropneusta* ed *Echinodermata* (questi ultimi sei esclusivamente marini).

Il corpo degli **ANELLIDA** è allungato e cilindrico, a simmetria bilaterale, diviso in segmenti successivi (metameri) separati da setti. Quasi tutti producono formazioni cutanee (setole) di natura chitinosa. L'epidermide è ricca di cellule ghiandolari, rivestita da una cuticola. La bocca si apre ventralmente nel primo segmento (cefalico, a livello del quale possono essere presenti occhi ed appendici sensorie) e talvolta si prolunga in alcuni segmenti successivi. Tubo digerente quasi sempre rettilineo dalla bocca all'ano, raramente circonvoluto. Al faringe segue l'esofago che può presentare dilatazioni funzionanti da ventrigli. Ano generalmente situato nell'ultimo segmento detto pigidio. Quasi sempre vi è un sistema circolatorio chiuso formato da due vasi longitudinali; uno dorsale contrattile che spinge il sangue in avanti e uno ventrale in senso opposto; per ogni metamero un paio di vasi mettono in comunicazione il vaso dorsale con quello ventrale. Respirazione cutanea. Sistema nervoso costituito da due gangli cerebrali uniti, tramite un anello periesofageo, a due gangli ventrali; da questi parte la catena di gangli ventrali (un paio per metamero). Gli anellidi comprendono le seguenti classi:

- *Archianellida* (Archianellidi); principalmente marini, di piccole dimensioni e poco diffusi.
- *Myzostomida* (Mizostomidi); alcuni endoparassiti, ma la maggior parte commensali o ectoparassiti di macroinvertebrati marini.
- *Polychaeta* (Policheti); metameria evidente, con ciascun segmento fornito di un paio di parapodi laterali; quasi tutte le specie (oltre 4.000) sono marine, rare quelle d'acqua salmastra e rarissime d'acqua dolce (assenti specie terrestri); sessi separati con dimorfismo sessuale assente o poco evidente.
- *Oligochaeta* (Oligocheti); simmetria evidente, ma con poche setole e privi di parapodi (**fig. 13.12**); ermafroditi con gonadi situate su un numero fisso di segmenti della regione anteriore (fecondazione incrociata e sviluppo diretto); frequenti casi di riproduzione asessuata (elevata capacità di rigenerazione). Le specie marine sono poche e la maggior parte sono terrestri o dulcacquicole; principalmente detritivori; importanti nelle acque dolci, soprattutto fra i macroinvertebrati. Alcuni piccoli esemplari si rinvencono tra la microfauna, come per esempio *Stylaria lacustris* (**3** in **fig. 13.13**; 3 ÷ 10 mm; in acque stagnanti e fiumi con abbondante vegetazione).
- *Hirudinea* (Irudinei); corpo con numero di segmenti costante, senza setole, né parapodi; estremità anteriore con ventosa boccale e quella posteriore con ventosa discoidale (**fig. 13.12**). Sono ectoparassiti di vertebrati terrestri ed acquatici, in acque marine e dolci; ben rappresentati tra i macroinvertebrati.

Su oltre 1.200.000 specie animali descritte, 1.000.000 sono **ARTROPODA** e gli insetti ne costituiscono i 9/10; sono gli invertebrati più evoluti, metamerici a simmetria bilaterale, con grande varietà morfologica e fisiologica; la loro segmentazione dimostra il legame filogenetico con gli Anellidi. I segmenti anteriori formano la regione del capo (con la bocca ed un complesso di organi recettori specializzati ed occhi composti); i segmenti intermedi formano la regione del torace (con funzione prevalentemente motoria); i segmenti posteriori formano la regione dell'addome (con funzione motoria e viscerale). Presenza di un esoscheletro secreto dal tegumento che deve essere ricostruito più volte durante lo sviluppo caratterizzato da mute. Le due classi più rappresentate sono *Crustacea* (Crostei) ed *Insecta* (Insetti). I Crostei costituiscono un gruppo di circa 27.000 specie, largamente diffuse, legate all'ambiente acquatico e prevalentemente marine. Vengono chiamati "Insetti di mare" per il loro ruolo comparabile a quello degli Insetti nell'ambiente terrestre. Anche nelle acque dolci i Crostei sono comuni, mentre rare sono le forme adatte all'ambiente subaereo; molte specie sono parassite. Non mancano quelle economicamente utili, ricercate per le loro carni, come le aragoste ed i gamberi d'acqua dolce. Molti Crostei e tutti gli Insetti d'acqua dolce costituiscono la parte più importante dei macroinvertebrati, ma sono numerosi e molto

importanti anche i Crostacei della microfauna (in particolare Copepodi, Cladoceri, e Ostracodi) a cui si devono aggiungere alcune specie di *Arachnidae* (Acari). I **CRUSTACEA** sono distinti in due sottoclassi: **Entomostraci** (di piccole dimensioni, quali Copepodi, Cladoceri, Ostracodi ed Acari) e **Malacostraci** (più grandi, quali Isopodi, Anfipodi e Decapodi).

I **Copepodi** sono principalmente marini; nell'acqua dolce sono presenti circa 125 specie, di cui poche abbondanti, soprattutto in acque basse ed alcune parassite. Dall'uovo schiude un "nauplius", che diviene in seguito un "metanauplius" e quindi un "copepodite" simile ad un adulto non parassita. In quest'ultimo si distingue un cefalotorace anteriore fornito di appendici ed una parte posteriore apoda; sono sviluppate le antennule e la furca. Dopo questo stadio le forme parassite si modificano; si ha fusione dei segmenti fino alla scomparsa dei metameri e delle appendici; le femmine assumono una morfologia regredita. I Copepodi non parassiti hanno forma analoga alla specie (*Eudiaptomus gracilis*) rappresentata in **fig. 13.13 (4)**; fino a 1,5 mm; in pozzanghere e fossi) con antenne sviluppate, utili al nuoto, munite di organi sensoriali e in qualche caso, utilizzate dai maschi per trattenere le femmine. Di regola i sessi sono separati. I maschi producono spermatofore che, durante l'accoppiamento, vengono attaccate presso l'orificio genitale femminile. Le uova, dopo che sono state emesse e fecondate, vengono di solito racchiuse in uno o due ovisacchi che le femmine portano attaccati al segmento genitale dove restano fino alla schiusa.

I **Cladoceri** (pulci d'acqua) sono presenti in acque basse stagnanti, ricche di vegetazione. Si nutrono di vegetali, filtrano il plancton, setacciano i detriti, rovistano nei fondali o si muovono sotto la superficie dell'acqua; pochi vivono nelle zone pelagiche. Sono trasparenti (plancton pelagico), giallastri o rossastri (stagni), bruni, verdastri o nerastri (paludi).

Hanno carapace che avvolge tutto il tronco, lasciando libero il capo con antenne robuste ed atte al nuoto; occhi composti e fusi mediamente. Tronco munito di pochi arti toracici. Il sangue contiene emoglobina in misura tanto maggiore quanto minore è l'ossigeno in acqua; essa serve come riserva di ossigeno per le uova che le femmine portano in una camera incubatrice tra il carapace e la porzione posteriore del corpo. Come esempio di ciclo si fa riferimento al genere *Daphnia*. Nella buona stagione le femmine producono "uova subitane", diploidi nella camera incubatrice, ove iniziano lo sviluppo embrionale originando, per partenogenesi, esclusivamente femmine per diverse generazioni. In autunno compaiono i maschi (più piccoli), mentre le femmine producono "uova durature" aploidi; queste sono fecondate, ma non si sviluppano (per tutto l'inverno) fino a condizioni ambientali favorevoli; a quel punto si originano nuove femmine partenogenetiche ricominciando il ciclo. In **fig. 13.13** sono il *Lynceus brachyurum* (**5a**; femmina fino a 4 mm; piccoli specchi d'acqua bassa e aree inondate in primavera), *Daphnia pulex pulex* (**5b**; femmine fino a 4 mm; spesso massiva in pozze e pantani in zone litorali dei laghi) e *Daphnia cucullata* (**5c**; femmine fino a 1,5 mm; importante costituente dello zooplancton dei laghi).



Gambero di fiume (*Austropotamobius pallipes*). Acquarello.

Negli **Ostracodi** il carattere principale è il guscio bivalve che racchiude il corpo; esso è impregnato di calcare e presenta rilievi e sculture; le valve sono unite dorsalmente da una cerniera che permette una certa mobilità. Il corpo non presenta segmentazione, è raccorciato e termina caudalmente con una furca. Antennule semplici con funzione sensoria e motoria. Gli occhi composti sono presenti in alcune specie; generalmente permane l'occhio naupliare. Apparato circolatorio ridotto e respirazione cutanea. Sessi separati, ma non è rara la partenogenesi; di alcune specie non si conoscono i maschi. Vivono in quasi tutti

gli ambienti acquatici, solitamente sul fondo; camminano, scavano nel fango, si arrampicano sulle piante; In **fig. 13.13**, è rappresentato *Netodromas monacha* (**6**; fino a 1,2 mm; abbondante in estate in tutte acque).

Il gruppo degli **Acari**, insieme agli scorpioni, pseudoscorpioni, ragni, pedipalpi e palpigradi, fa parte della classe *Arachnidae*. La maggior parte sono terricoli e poche sono le specie adatte alla vita acquatica. Questo ordine non è un raggruppamento omogeneo e naturale, ma un insieme di gruppi di origini filetiche diverse. È difficile dare una definizione degli Acari indicando caratteri comuni a tutti i rappresentanti dell'ordine. Le forme acquatiche sono predatrici, con palpi che afferrano pulci d'acqua, crostacei, acari più piccoli, uova di molluschi, insetti; li tengono fermi e li pungono con i cheliceri per succhiarli con la bocca; gli enzimi inoculati nella preda ne liquefano gli organi interni. Una specie molto diffusa è *Neumania vernalis* (**7** in **Fig. 13.13**; fino a 1,2 mm), in quasi tutte le acque stagnanti.

Gli **Anfipodi** hanno corpo appiattito lateralmente, più o meno inarcato e privo di carapace. Le uova sono deposte nel marsupio delle femmine; dopo 1 ÷ 3 settimane di incubazione escono le larve che raggiungono la maturità dopo alcune mute con un ciclo che molte specie completano in meno di un anno. Il Gammarus (**3** in **fig. 13.14**; 1 ÷ 2 cm) è un buon nuotatore e si muove su un finaco in prossimità del fondo spostandosi tra i rifugi; è detritivoro (talvolta anche onnivoro) e predilige le acque con correnti non troppo elevate con abbondante vegetazione (tratti medio-inferiori dei corsi d'acqua); è abbastanza resistente all'inquinamento.

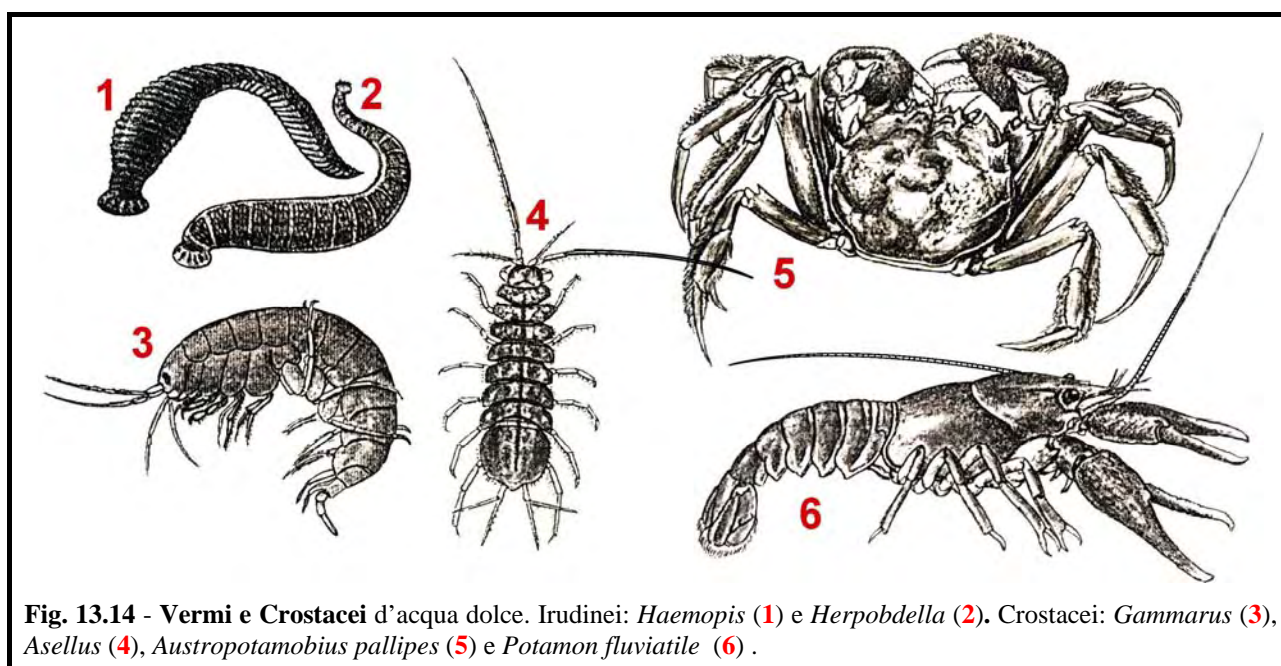


Fig. 13.14 - Vermi e Crostacei d'acqua dolce. Iridinidi: *Haemopsis* (**1**) e *Herpobdella* (**2**). Crostacei: *Gammarus* (**3**), *Asellus* (**4**), *Austropotamobius pallipes* (**5**) e *Potamon fluviatile* (**6**).

Gli **Isopodi** hanno corpo appiattito dorso-ventralmente e privo di carapace. La famiglia Asellidae è l'unica comprendente specie d'acqua dolce; le femmine incubano le uova in un "marsupio" posto ventralmente al torace. Lo sviluppo embrionale dura circa un mese ed è diretto; i piccoli, completamente formati escono attivamente dal marsupio e si allontanano per condurre vita autonoma. *Asellus* (**4** in **fig. 13.14**; ~ 1 cm) è detritivoro e resistente all'inquinamento, tipico delle acque stagnanti e dei tratti inferiori dei corsi d'acqua negli ambienti a corrente più debole e ricchi di materiali organici.

I **Decapodi** (granchi e gamberi) hanno un carapace ben sviluppato. Le uova (alcune centinaia) sono portate dalle femmine per una incubazione di durata molto varia a seconda delle specie (2 ÷ 20 settimane). Dopo la schiusa seguono le mute fino alla formazione degli adulti. *Austropotamobius pallipes* è l'unica specie di gambero italiana; sensibile all'inquinamento, vive sotto le pietre e in gallerie lungo gli argini di fiumi con acque limpide e correnti (**5** in **fig. 13.14**; fino a 10 ÷ 12 cm). *Potamon fluviatile* (fino a 20 cm) è l'unico granchio delle acque dolci italiane; scava tane lungo le rive dei fiumi a lento corso e di acque stagnanti; assente nelle regioni Nord-occidentali, un tempo molto diffuso è oggi piuttosto raro (**6** in **fig. 13.14**).

Della classe **INSECTA** numerose specie vivono in acque dolci, almeno in uno stadio del loro ciclo; altre vivono perennemente in acqua o in stretto contatto con essa. È il maggiore gruppo tra i macroinvertebrati, il più importante degli Artropodi, dominanti sulle terre emerse da 500 milioni di anni. I Crostacei sono Artropodi prevalentemente acquatici, soprattutto marini, con pochi rappresentanti nelle acque dolci. Gli insetti sono prevalentemente terrestri, con poche forme acquatiche e quasi tutte d'acqua dolce. Gli Insetti

sono generalmente ovipari (con qualche caso di ovoviviparità). Il giovane, alla schiusa, può essere simile all'adulto (ametaboli), oppure diverso (metaboli). Nei primi il passaggio da larva ad adulto (immagine) avviene in diversi modi. Fra i secondi si distinguono gli eterometaboli (con metamorfosi gradualì, con vari stadi di mute fino all'immagine) e gli olometaboli (con larva molto diversa dall'adulto; gli arti sono ridotti o mancanti e lo sviluppo delle ali non è visibile). Lo sviluppo degli olometaboli prevede uno stadio intermedio tra larva e adulto ("ninfa" o "pupa"). Durante lo stadio ninfale avviene una notevole attività fisiologica e di sviluppo; alcuni tessuti ed organi sono distrutti da fagociti o da altri agenti e vengono edificati i tessuti dell'adulto da centri di sviluppo detti "dischi immaginali". Giunta al termine dello sviluppo la larva smette di nutrirsi e spesso diventa immobile. Spesso il passaggio dallo stadio larvale a quello ninfale coincide con un cambiamento di vita e/o di ambiente. Se la larva è acquatica, talvolta esce dall'acqua; se è parassita esce dall'ospite; in molti casi la larva costruisce una nicchia sotto i ciottoli o un bozzolo di sostanze varie, come accade nei Tricotteri (**figg. 13.15 e 13.16**). Dopo le trasformazioni la pupa, se questa fase del ciclo è acquatica, si muove verso la superficie dell'acqua, si arrampica su qualche oggetto emerso (uno stelo di una pianta, un masso,...) e si trasforma in adulto; le ali si spiegano e si distendono; i tegumenti, ancora molli, si induriscono all'aria e assumono il colore definitivo (**fig. 13.17**). L'adulto, spesso, ha vita breve (anche poche ore) ed ha il compito di accoppiarsi e se si tratta di una femmina, di deporre le uova, in corrispondenza di zone umide chiudendo così il ciclo. Semplificando e considerando solo i gruppi comprendenti organismi acquatici, almeno in una parte del ciclo, gli Insetti comprendono diversi gruppi fra i quali *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Plecoptera*, *Heteroptera*, *Tricoptera*, *Diptera*, *Coleoptera*, a cui bisogna aggiungere altri pochi organismi invertebrati, meno importanti per gli ecosistemi acquatici.

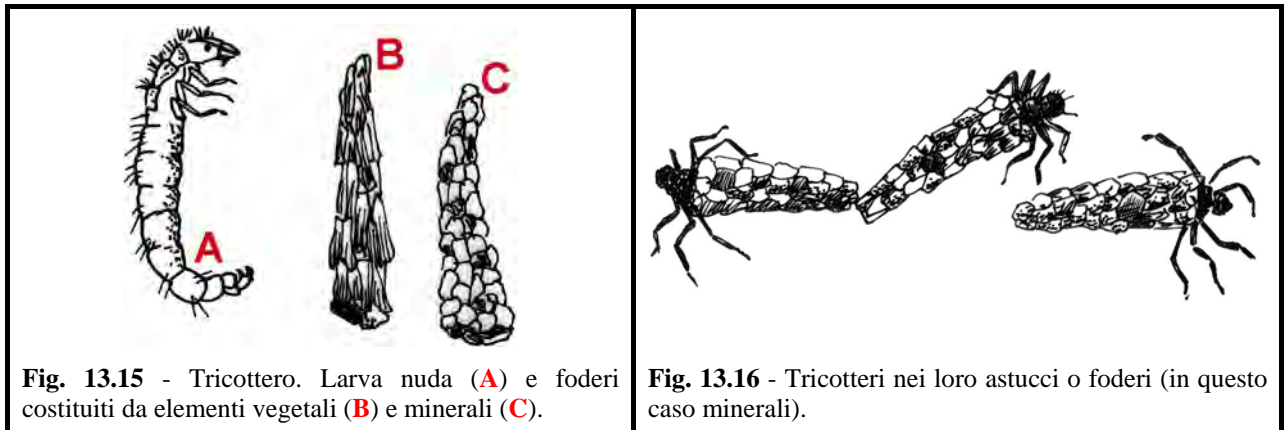


Fig. 13.15 - Tricottero. Larva nuda (A) e foderi costituiti da elementi vegetali (B) e minerali (C).

Fig. 13.16 - Tricotteri nei loro astucci o foderi (in questo caso minerali).

Negli **Efemerotteri** si registra, caso unico tra gli Insetti, uno stadio alato (subimmagine) che non ha ancora tutti i caratteri dell'adulto; esso deve subire una muta prima di diventare una immagine; per questa caratteristica gli Efemerotteri formano da soli il gruppo dei "prometaboli". Devono la loro denominazione al nome volgare (effimere) che indica la brevità della vita immaginale che, per certe specie, dura poche ore. Le ninfe (prevalentemente predatrici) sono presenti in quasi tutti gli ambienti acquatici sviluppando adattamenti morfologici in funzione della velocità della corrente. Esistono ninfe con il corpo molto appiattito per offrire meno resistenza alla corrente e per incunearsi nelle fessure fra i ciottoli; prediligono i torrenti con acque veloci e con fondali a granulometria grossolana. In **fig. 13.18** sono riportati i generi *Rhitrogena* (1a e 1b; nei tratti superiori dei fiumi; ~10 mm) e *Ecdyonurus* (2; nelle correnti veloci; 10 ÷ 13 mm) a cui bisogna aggiungere *Epeorus* (nei tratti superiori dei torrenti non inquinati). Anche le ninfe nuotatrici resistono alle correnti orientando il corpo idrodinamico in modo opportuno, oppure nuotando in acque più calme; in **fig. 13.18** è il genere *Cloeon* (3; fino a 7 mm, in acque lente), ma occorre ricordare anche *Baetis* (abbondante e frequente) e *Siphonurus* (in acque debolmente correnti). Le ninfe marciatrici prediligono le acque calme o anche acque turbolente dei tratti alti dei fiumi, ma al riparo dei massi e lungo la fascia riparia; esse deambulano e possono anche nuotare con oscillazioni verticali dell'addome; in **fig. 13.18** è rappresentato *Caenis* (4; in acque lente con fondi melmosi; 6 mm), ma occorre ricordare anche *Ephemerella*, *Choroterpes*, *Brachycercus*,... Le ninfe scavatrici hanno corpo allungato e subcilindrico, meno idrodinamico, con appendici utili allo scavo; scavano gallerie ad "U" nel fango o si incuneano nei detriti fini fra le pietre; in **fig. 13.17** è rappresentato *Ephemerella* (5; larva di discrete dimensioni, fino a 20 ÷ 30 mm, in acque stagnanti).

Gli **Odonati** sono così denominati perché muniti di robuste mandibole dentate. Gli adulti sono le libellule, predatrici al volo di altri insetti. Le larve sono acquatiche; esse hanno un labbro inferiore modificato in organo raptorio e zampe atte alle funzioni deambulatoria e fossoria; sono predatrici (catturano larve, girini e piccoli pesci) e praticano una caccia di appostamento. La lunghezza del ciclo (con sviluppo larvale in $9 \div 16$ stadi) è variabile; in molte specie l'immagine sfarfalla l'anno seguente l'ovodeposizione; in alcune specie alpine può durare fino a cinque anni. Gli ambienti preferiti sono le piccole zone umide ad acque stagnanti, ma anche le rive dei laghi e le acque correnti. Come esempi di larve in **fig. 13.18** sono i generi *Anax* (6; fino a 50 mm) e *Gomphus* (7; 25 mm); fra i gruppi più frequenti si citano *Calopteryx* (spesso abbondante in fiumi e torrenti), *Coenagrion* (frequente in acque stagnanti o debolmente correnti), *Onychogomphus* (esclusivo delle acque correnti), *Cordulegaster* (in acque correnti con pozze fangose o sabbiose o con radici presso le rive), *Libellula* (**figg. 13.19 e 13.20**; in acque stagnanti e debolmente correnti), *Orthetrum* (piuttosto frequente), *Crocothemis* (stagni e fiumi a lento corso).

I **Plecotteri** hanno metamorfosi graduale, con larve acquatiche abbastanza simili all'adulto. La durata della vita adulta è generalmente breve (da pochi giorni ad un mese), mentre quella larvale, con una trentina di mute, varia da pochi mesi fino a tre anni. Anche se alcune specie hanno una certa tolleranza per l'inquinamento (*Leuctra*, *Caenis*), in genere sono sensibili alla qualità dell'acqua; le larve sono stenoterme fredde ed esigono acque ben ossigenate; sono frequenti in correnti meno forti (sotto le pietre e presso le rive) dei torrenti montani. Fra i generi più diffusi ricordiamo *Dinocras* (predatore, sensibile all'inquinamento), *Perla* (8 in **fig. 13.18**; con larve predatrici, lunghe fino a 25 mm; frequente in acque non inquinate, raramente abbondante), *Isoperla* (genere con numerose specie, alcune delle quali sopportano un leggero inquinamento), *Perlodes* (di grandi dimensioni, fino a $15 \div 25$ mm; non raro nell'arco alpino), *Chloroperla* (in diversi tipi di acque correnti), *Leuctra* (con numerose specie frequenti in tutti gli ambienti, da quelli sorgivi ai fiumi di pianura; 9 in **fig. 13.18**; lunghezza media di ~ 10 mm), *Amphinemura* (diffuso in torrenti e ruscelli; erbivori e/o detritivori), *Protonemoura* (anche molto abbondante in torrenti e ruscelli; erbivori e/o detritivori), *Nemura* (10 in **fig. 13.18**; con larve intorno ai 10 mm, con distribuzione geografica più ampia dei due precedenti generi, ma meno frequente; erbivori e/o detritivori), *Brachyptera* e *Rhabdiopteryx* (piccole larve raschiatrici del substrato). La **fig. 13.21 (A e B)** mette in risalto le differenze anatomiche che permettono il riconoscimento dell'ordine dei Plecotteri da quello degli Efemerotteri. In particolare i Plecotteri possiedono solo due cerci, sono privi di branchie addominali e possiedono due unghie nelle zampe, mentre gli Efemerotteri hanno generalmente tre cerci (*Epeorus* è l'unico genere con due soli cerci), hanno branchie addominali ed una sola unghia al termine delle zampe. In **fig. 13.21 C** sono rappresentate le caratteristiche dei *Perlidae* con ciuffi di branchie ascellari.

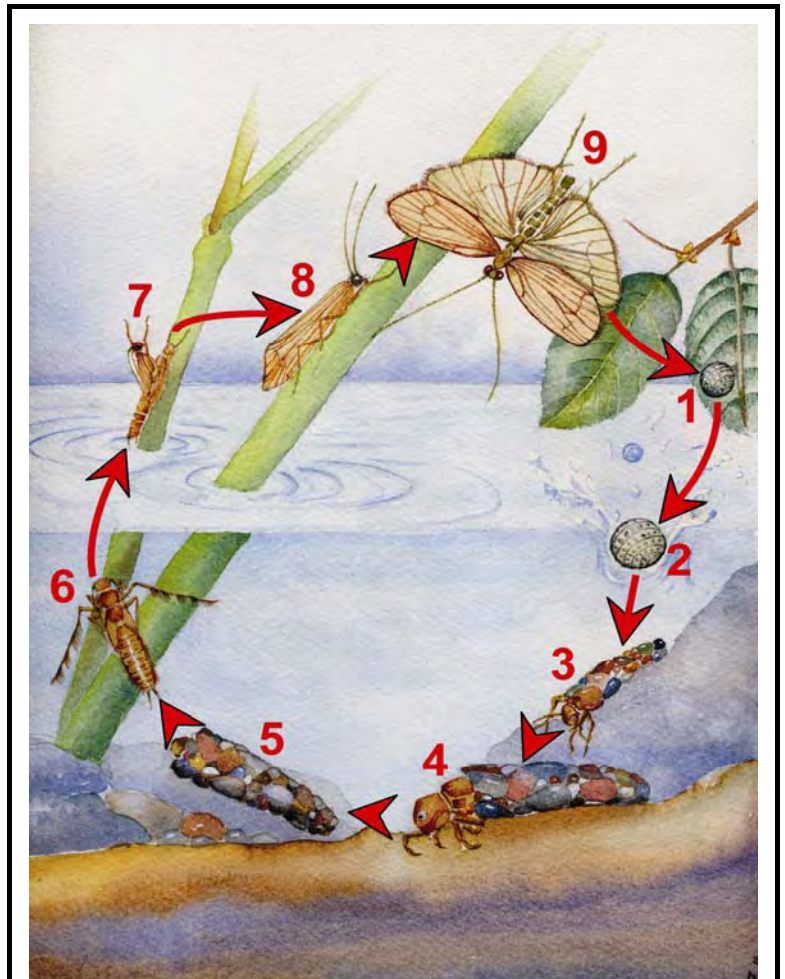
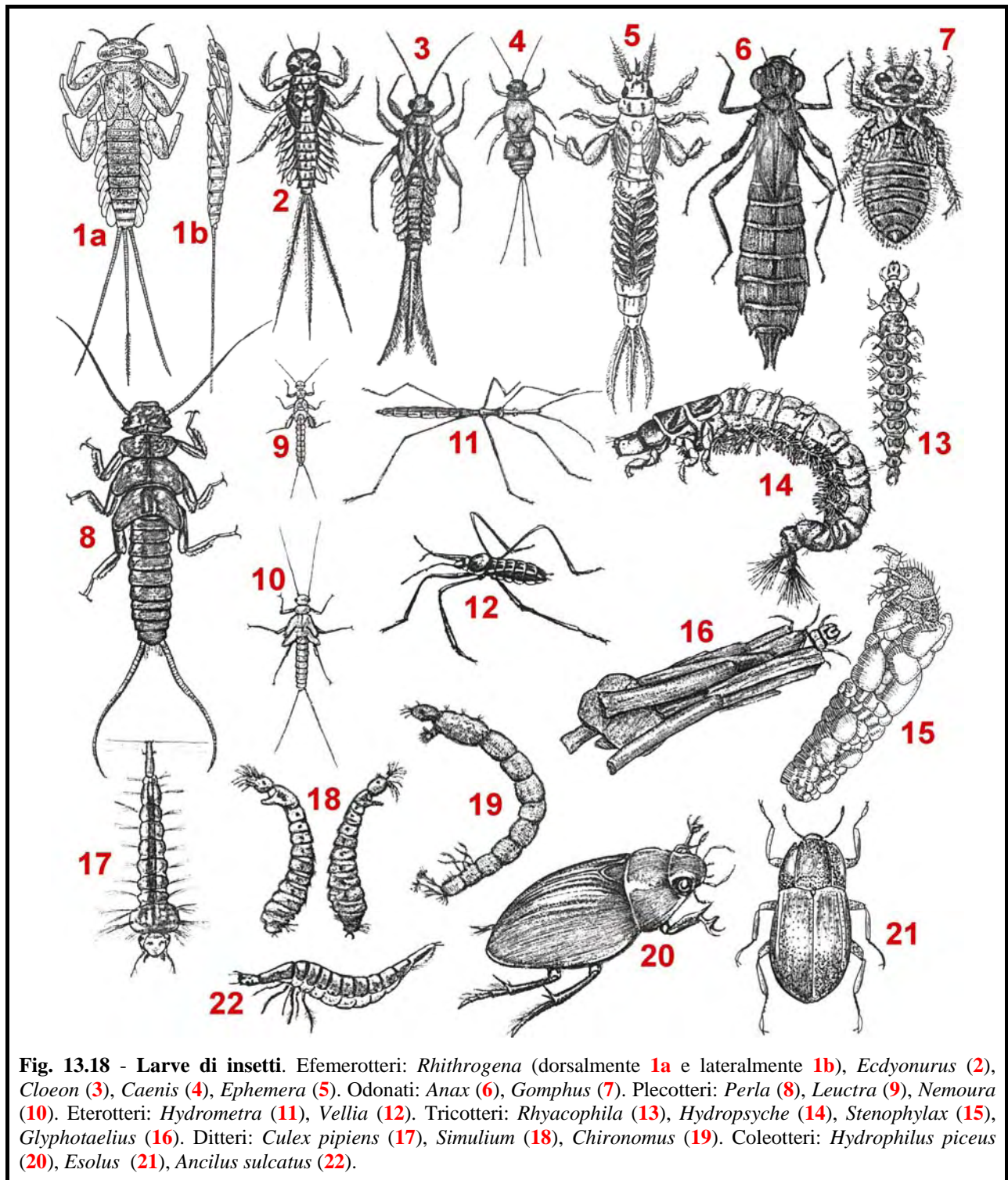


Fig. 13.17 - Ciclo di Insetto olometabolo (Tricottero: *Halesus radiatus*). La massa ovigerica è deposta su una foglia presso la superficie dell'acqua (1); essa si gonfia di umidità e scende sul fondale (2). Si forma una giovane larva (3) che si sviluppa e si muove sul fondo (4). In seguito la larva si fissa sulla superficie di un ciottolo, forma un fodero avvolgente il corpo con detriti ed inizia la muta ninfale (5). Dal bozzolo esce la pupa, che si sposta verso un oggetto emerso (6). Sulla superficie di uno stelo di pianta acquatica la pupa matura e si trasforma in insetto adulto detto "immagine" (7) che si asciuga all'aria (8) prima di iniziare il volo e riprodursi (9).



Gli **Eteroterri** hanno apparato boccale perforante-succhiante costituito da mandibole e mascelle modificate in due canalicoli, uno per emettere un liquido salivare che facilita la soluzione dei materiali della preda e l'altro per l'aspirazione. Vivono nell'acqua tutto il ciclo vitale; le uova sono incollate su piante, detriti e massi, con una incubazione di durata assai variabile ($12 \div 70$ giorni). Metamorfosi graduale con $5 \div 6$ stadi larvali. Prediligono le acque stagnanti o debolmente correnti. La maggior parte sono carnivori cacciando altri Insetti (le specie più grandi "succhiano" avannotti e uova di girini e pesci), mentre le specie più piccole hanno regime alimentare onnivoro. Sono distinti in **Gerromorfi**, sulla superficie dell'acqua sfruttando la tensione superficiale e **Nepomorfi**, che vivono sott'acqua; nei primi la respirazione è tracheale (aerea, olopneustica), nei secondi è più complessa e richiede la risalita in superficie per rinnovare una sorta di "provvista d'aria" in una bolla sotto il ventre. Fra i Gerromorfi i più frequenti sono *Hydrometra* ($5 \div 13$ mm; "cammina" sulla superficie di acque stagnanti o debolmente correnti lungo le rive di fiumi e ruscelli;

11 in **fig. 13.18**), *Gerris* (frequente in sciame lungo le rive dei fiumi), *Velia* (sulla superficie di stagni e ruscelli; **12** in **fig. 13.18**). Fra i Nepomorfi, meno frequenti e presenti quasi esclusivamente in acque stagnanti, si citano *Nepa* (su fondi melmosi) e *Notonecta* (che può provocare punture dolorose).

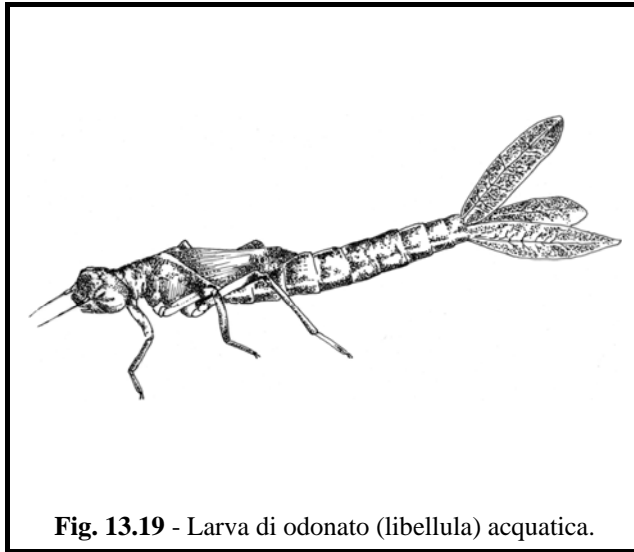


Fig. 13.19 - Larva di odonato (libellula) acquatica.

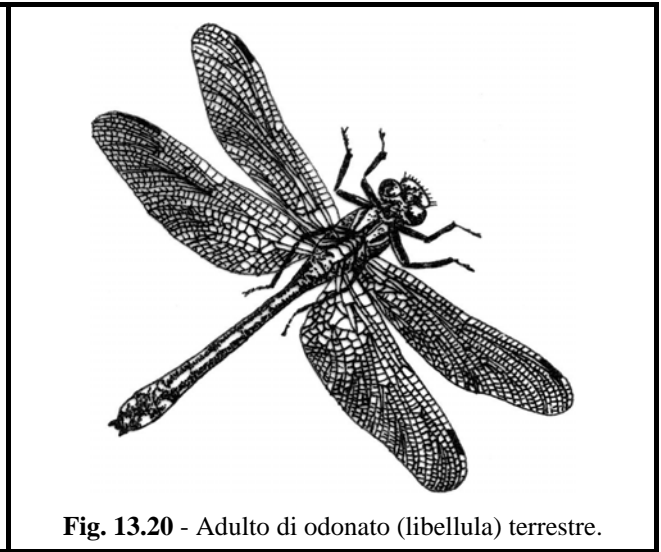


Fig. 13.20 - Adulto di odonato (libellula) terrestre.



Larva di Plecottero (*Dictyogenus*). Acquarello.

I **Tricotteri** sono prometaboli con larve e pupe acquatiche. Le larve hanno generalmente la capacità di scernere una sostanza sericea adesiva che permette di costruire astucci cementando granuli di sabbia o frammenti vegetali a seconda dei materiali che l'ambiente mette a disposizione ed a seconda delle specie; per tale motivo vengono volgarmente detti "portasassi" o "portalegna" (**fig. 13.15**). Alcune famiglie (*Rhyacophilidae*, *Hydropsychidae*, *Polycentropodidae* e *Philopotamidae*) non costruiscono astucci e sono "nudi"; esse possono costruire ricoveri aderenti alle rocce o molto labili (*Hydropsyche* costruisce ricoveri fissi aderenti ai ciottoli e tesse una rete al di sopra dell'apertura per catturare piccoli invertebrati e frammenti vegetali; **14** in **fig. 13.18**). La maggior parte compie il ciclo vitale entro l'anno. Vivono in diversi ambienti d'acqua dolce: sorgive, ruscelli, torrenti, fiumi ed acque stagnanti. Hanno sviluppato forme di adattamento assai differenziate tanto che è possibile riconoscere, per quelli delle acque correnti, una zonazione longitudinale; contemporaneamente vi sono specie in grado di adattarsi ad ambienti diversi e maggiormente resistenti all'inquinamento. I Tricotteri quindi costituiscono un insieme di organismi utili come indicatori della qualità biologica delle acque. Comprendono numerose famiglie e generi con specie dal regime alimentare vario (erbivori, raschiatori, onnivori e predatori). Fra i generi più diffusi si citano, oltre a *Hydropsyche*, *Rhyacophila* (predatore, lungo oltre 20 mm, anche in acque a corrente veloce; **13** in **fig. 13.18**), *Stenophylax* (astucci lunghi 2 ÷ 3 cm; abitano i torrenti, con sabbie grossolane; **15** in **fig. 13.18**), *Glyphotaelius* (astuccio costituito da detriti vegetali, molto voluminoso in estate; **16** in **fig. 13.18**).

I **Ditteri** (mosche e zanzare) hanno un solo paio di ali; quelle metatoraciche sono trasformate in organi di stabilizzazione del volo.

Tutti hanno fasi aeree degli adulti. Le larve, più o meno cilindriche

(**fig. 13.22**), colonizzano molti ambienti grazie anche alle diverse modalità di respirazione. Esistono forme adattate a condizioni di povertà di ossigeno; alcuni Chironomidi possiedono una gran quantità di un tipo di emoglobina che talora conferisce loro una colorazione rossastra (*Chironomus*, indicatore di elevato carico organico). Nell'ambito di una stessa famiglia, si rinvengono notevoli varietà morfologiche e fisiologiche; sono presenti specie che occupano un po' tutte le nicchie ed il regime alimentare varia a seconda dei gruppi: raschiatori, collettori aspiratori e filtratori, succhiatori, predatori,... ricoprendo tutti i ruoli di detritivori,

erbivori e carnivori. Comprendono numerose famiglie e generi; citiamo, quali esempi: *Culex pipiens* (comune zanzara; la larva vive sotto la superficie dell'acqua, con il capo verso il basso e l'apertura respiratoria affiorante; in tutte le acque stagnanti; **17** in **fig. 13.18**), *Simuliidae* (microfiltratori in ambienti reofili; si agganciano al substrato con uncini posti presso il disco posteriore; il resto del corpo è libero per raccogliere detriti organici grazie a ventagli mandibolari; il **18** in **fig. 13.18** è l'*Simulium*, con larve lunghe sino a 12 mm), *Chironomidae* (comprende generi quali *Chironomus*, con specie adatte, con numerosi esemplari, ad acque scarsamente ossigenate, come sui fondali di acque stagnanti ed eutrofizzate; la loro presenza può costituire uno dei segni di alterazione ambientale; **19** in **fig. 13.18**).

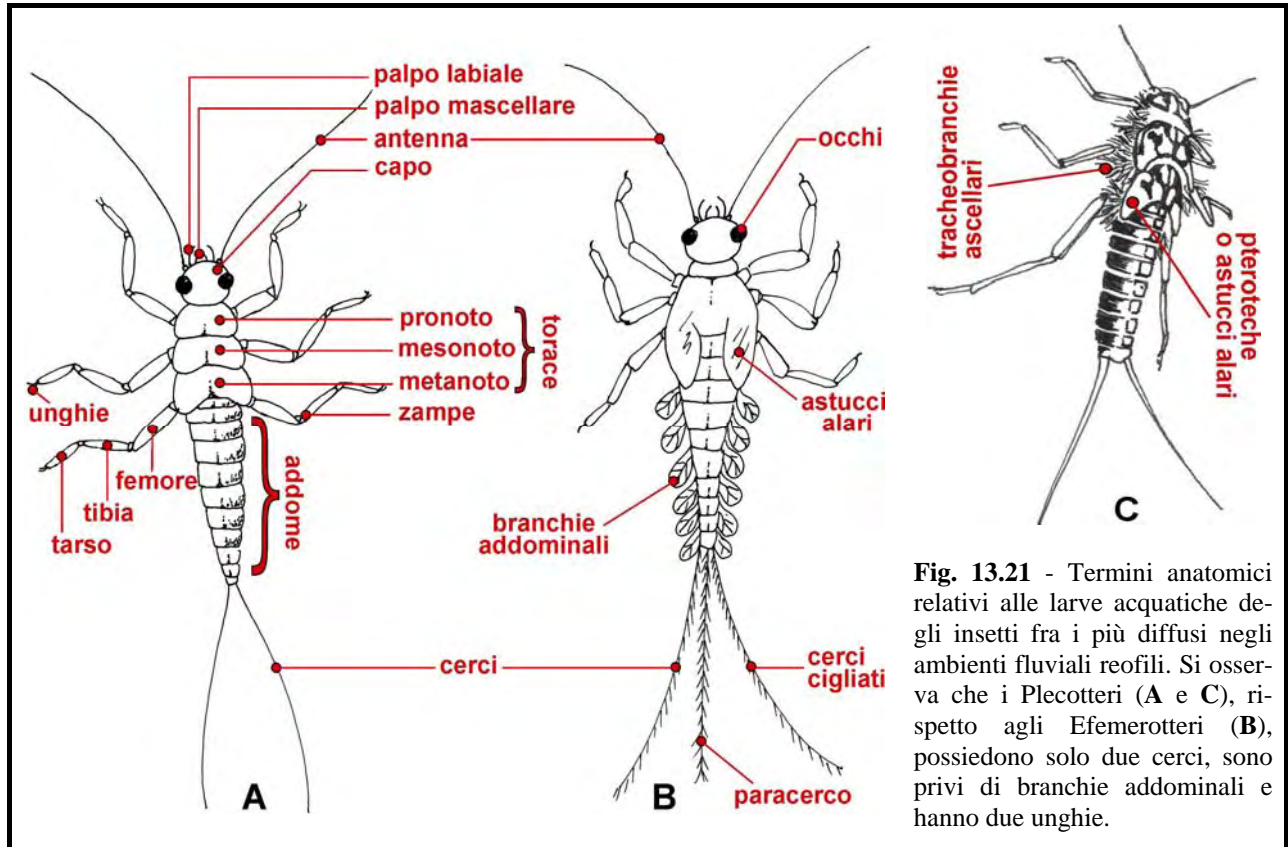


Fig. 13.21 - Termini anatomici relativi alle larve acquatiche degli insetti fra i più diffusi negli ambienti fluviali reofili. Si osserva che i Plecotteri (A e C), rispetto agli Efemerotteri (B), possiedono solo due cerci, sono privi di branchie addominali e hanno due unghie.

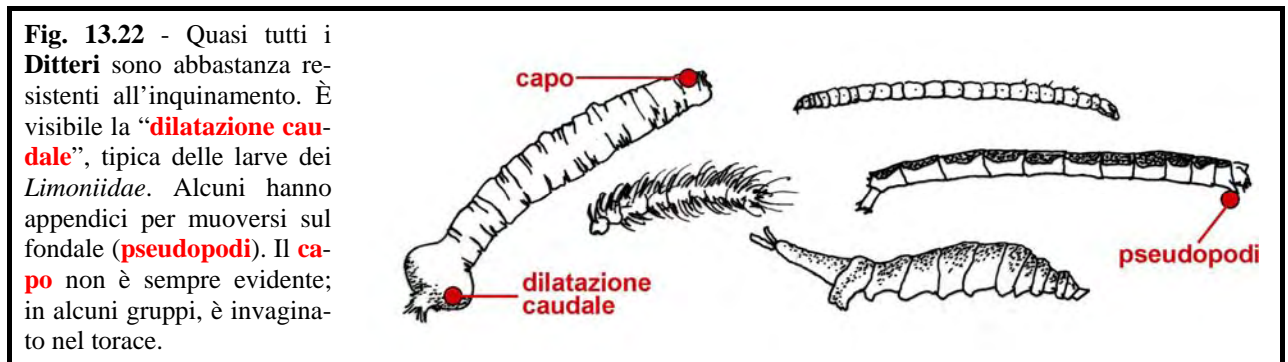


Fig. 13.22 - Quasi tutti i **Ditteri** sono abbastanza resistenti all'inquinamento. È visibile la "dilatazione caudale", tipica delle larve dei *Limoniidae*. Alcuni hanno appendici per muoversi sul fondale (**pseudopodi**). Il **capo** non è sempre evidente; in alcuni gruppi, è invaginato nel torace.

I **Coleotteri** sono olometaboli, presenti nelle acque come larve e come adulti. Questi ultimi, in genere, mantengono la capacità di volare (per allontanarsi dall'ambiente quando le condizioni sono sfavorevoli) e vivono in immersione in acque ferme o a lento corso, a bassa profondità, con ricca vegetazione (ad eccezione dei *Gyrinidae*, che compiono turbinosi movimenti circolari sulla superficie dell'acqua). Sistema respiratorio tracheale; gli adulti rinnovano frequentemente la "provvista d'aria" "bollando" in superficie. Le uova, libere o in ammassi, sono deposte sulle idrofite, su rami o tronchi sommersi o nei foderi vuoti dei Tricotteri. La larva, alla maturazione, raggiunge la riva e costruisce la loggia ninfale (talvolta un vero bozzolo); quindi, salvo qualche caso, le pupe sono terrestri, in genere ripicole. Il regime alimentare è vario (detritivori, erbivori, carnivori spesso succhiatori). In **fig. 13.18** sono: *Hydrophilus piceus* (**20**; 4 ÷ 5 cm; l'adulto è vegetariano, ma si nutre anche di piccoli animali, nuota e cammina sul fondo e su piante

sommerse in acque stagnanti e poco profonde), *Esolus* (21; in piccoli stagni e presso le rive delle maggiori zone umide) e *Ancilus sulcatus* (22; 18 mm; è carnivoro e vive in acque limpide e ricche di vegetazione).

I **MOLLUSCA** sono metazoi protostomi con cavità celomatica ridotta, a simmetria bilaterale, andata perduta nei Gasteropodi per la torsione dei visceri. Corpo molle, non segmentato, molto diverso nelle varie forme. Sono formati da un capo e da un tronco, nel quale si distinguono un sacco dei visceri e un piede situato ventralmente. I visceri sono avvolti da una membrana (mantello) che può secernere una conchiglia calcareaa. Sono essenzialmente animali acquatici, prevalentemente marini. Anche le forme terrestri colonizzano ambienti molto umidi per evitare l'essiccamento. Quelli delle acque dolci sono prevalentemente erbivori, talvolta detritivori. Il *Phylum Mollusca* è diviso in cinque classi: *Amphineura* (esclusivamente marini, simmetria bilaterale, bocca ed ano alle estremità opposte), *Gasteropoda* (massa viscerale asimmetrica avvolta a spirale; capo distinto e piede largo e appiattito; in acque marine e dolci e in ambienti terrestri), *Scaphopoda* (tutti marini, con simmetria bilaterale e mantello e conchiglia di forma conica o tubulare aperta alle due estremità), *Lamellibranchia* (soprattutto marini, ma con alcuni di acque dolci; corpo compreso fra due valve) e *Cephalopoda* (solo marini, con capo molto grande, circondato da tentacoli).

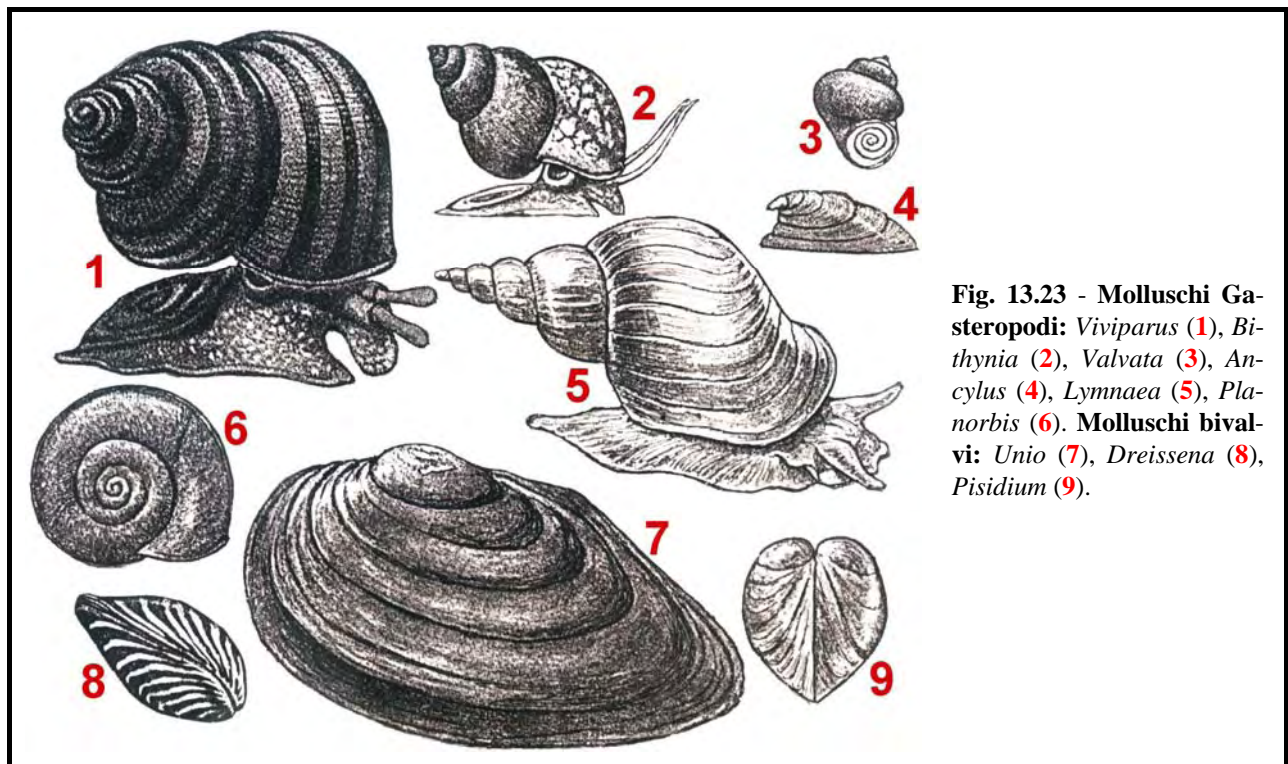


Fig. 13.23 - Molluschi Gasteropodi: *Viviparus* (1), *Bithynia* (2), *Valvata* (3), *Ancylus* (4), *Lymnaea* (5), *Planorbis* (6). **Molluschi bivalvi:** *Unio* (7), *Dreissena* (8), *Pisidium* (9).

I **Gasteropodi** presentano una doccia intorno all'animale (solco palleale) che separa il corpo dal piede. Dalla parte anteriore del solco sporge il capo; da quella posteriore (cavità palleale) si trovano le branchie. Nelle acque dolci sono presenti due sottoclassi: Prosobranchi (forme primitive) e Polmonati (quasi sempre privi di branchie e con cavità palleale trasformata in una sorta di polmone riccamente vascolarizzato). Fra i **Prosobranchi** citiamo i generi *Viviparus* (1 in fig. 13.23; conchiglia alta fino a 5 cm; in acque stagnanti o con debole corrente; erbivoro), *Bithynia* (2 in fig. 13.23; con due specie italiane, in acque stagnanti o con debole corrente; erbivori, fino a 15 mm), *Theodoxus* (diametro massimo 12 ÷ 13 mm; erbivori, in acque limpide e correnti), *Valvata* (3 in fig. 13.23; piccola conchiglia, fino a 5 mm; comprende due specie in acque lente), *Sadleriana* (risorgive di pianura). Fra i **Polmonati** citiamo: *Ancylus* (4 in fig. 13.23; conchiglia patelliforme con diametro fino a 7 mm; in acque correnti ben ossigenate; aderisce ai ciottoli e si nutre di periphyton), *Lymnaea* (5 in fig. 13.23; fino a 6 cm; genere che comprende forme che prediligono le acque stagnanti, ma alcune si possono rinvenire nei corsi d'acqua dove la corrente è minore), *Physa* (lunghezza di 12 ÷ 18 mm a seconda della specie; nei microambienti lentici dei corsi d'acqua), *Planorbis* (piuttosto poliforme, in corsi d'acqua a lento deflusso), *Planorbis* (varie specie con conchiglia schiacciata e discoidale; la specie più grande può arrivare ad un diametro di 2,5 cm; 6 in fig. 13.23 rappresenta la *planorbis*; erbivori, in acque ferme o a lento decorso), *Anisus* (conchiglia schiacciata e talora "trasparente"; in acque lente), *Hippeutis* (piccole conchiglie, fino a 4 mm; assente in acque turbolente), *Segmentina* (piccola conchiglia; simile al precedente per l'ecologia; assente in Italia meridionale).

I **Lamellibranchi** hanno forma lamellare delle branchie e conchiglia formata da due valve (bivalvi). Sono, in genere, presenti tre aperture, due più piccole posteriori e ravvicinate ed una più grande anteriore, dalla quale sporge il piede. Le prime servono per la circolazione dell'acqua nella cavità palleale; una dorsale per l'espulsione di rifiuti e una ventrale per l'accesso dell'acqua con l'ossigeno e particelle alimentari; sono quindi filtratori. La maggior parte vive su fondali sciolti, con granulometria fine, entro i quali si affossano lasciando sporgere le aperture inalante ed esalante. Comprendono generi presenti anche nelle acque dolci: *Unio* (con l'unica specie *elongantulus*; 7 in **fig. 13.23**; conchiglia grande, fino a 10 cm e polimorfa; nei fondali pelitici di acque stagnanti e di grandi fiumi a lento corso), *Anodonta* (con l'unica specie *cygnea*; con conchiglia grande e polimorfa; ecologia analoga alla precedente), *Dreissena* (con l'unica specie *polymorpha*, 8 in **fig. 13.23**, che si fissa su substrati duri come i mitili; in grandi laghi e fiumi a lento corso), *Pisidium* (genere con molte piccole specie nei corsi d'acqua anche montani, in sedimenti pelitici; 9 in **fig. 13.23**), *Sphaerium* (con l'unica specie italiana *corneum*; assente in Italia meridionale, nei microambienti con fondali a granulometria più fine delle acque correnti e dei grandi laghi), *Musculium* (con l'unica specie *lacustre*; meno frequente degli altri bivalvi).

I **BRYOZOA** sono sessili e formano colonie su corpi sommersi, anche organismi animali e vegetali. Ogni individuo (zooide) è costituito da una teca chitinoso (cistide) secreta dall'animale (polipide). L'apparato digerente ha forma di "U", che inizia con l'apertura boccale entro una corona tentacolare; seguono faringe, esofago, stomaco ed un retto che sbocca con l'ano vicino alla bocca. L'alimentazione è costituita da piccoli organismi animali e vegetali e da frammenti organici. Mancano gli apparati respiratorio e circolatorio e molto semplice è quello nervoso. Sono ermafroditi; le uova si formano nella parte superiore del corpo, le vescicole testicolari verso la base. Le uova fecondate sono conservate in una camera di incubazione dove si sviluppano larve che, nelle notti estive, sciamano lontano dalle colonie madri; successivamente i singoli zooidi si fissano al substrato e mediante gemmazione, formano nuove colonie. In **fig. 13.13** sono le specie *Lophopus crystallinus* (**8a**; colonie di 5 ÷ 40 mm; in acque fredde) e *Plumatella repens* (**8b**; singoli individui di 5 mm; in acque ricche di plancton).

Gli **Anfibi** costituiscono il primo gruppo di **Vertebrati** comparso sulle terre emerse. Eterotermi, a pelle nuda e mucosa, con respirazione polmonare negli adulti e branchiale nelle larve. Quasi tutte le specie si accoppiano in acqua. Fra gli Anuri si cita la Rana esculenta (**1a** in **fig. 13.24**), rana verde delle zone umide stagnanti di pianura e collina e la *Rana temporaria* (**1b** in **fig. 13.24**), sulle Alpi fino ad oltre i 2.000 m. Fra gli Urodeli troviamo i tritoni e le salamandre; in **fig. 13.24** sono il *Triturus alpestris* (**2a**), in acque ferme limpide e fresche di pozze, piccoli stagni nelle zone pedemontane e il *Triturus cristatus* (**2b**), in acque meno fresche.

I **Rettili** sono eterotermi, in genere ovipari, con pelle ricoperta da scaglie. Comprendono i Cheloni (tartarughe e testuggini), i Sauri (lucertole) e gli Ofidi (serpenti). Quasi tutte le specie sono tipiche di



Airone bianco (*Egretta alba*). Acquarello

ambienti terrestri prevalentemente con clima xerico, ma ve ne sono alcune legate agli ambienti acquatici. In **fig. 13.24** sono la testuggine d'acqua (*Emys orbicularis*; **3a**), con rari esemplari nelle acque stagnanti di clima caldo e la comune biscia (*Natrix natrix*; **3b**), predatore frequente nelle acque stagnanti ed in quelle correnti, purché non eccessivamente fredde (buona parte della dieta è costituita da pesci).

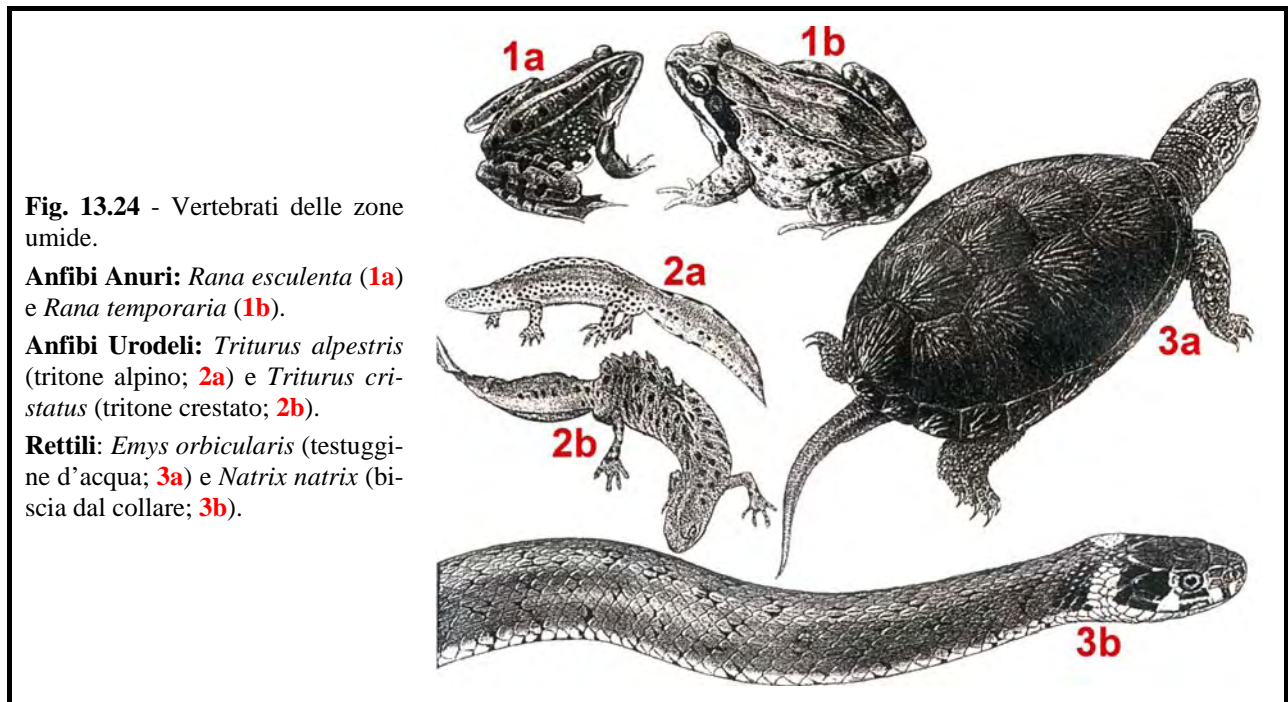


Fig. 13.24 - Vertebrati delle zone umide.

Anfibi Anuri: *Rana esculenta* (**1a**) e *Rana temporaria* (**1b**).

Anfibi Urodeli: *Triturus alpestris* (tritone alpino; **2a**) e *Triturus cristatus* (tritone crestato; **2b**).

Rettili: *Emys orbicularis* (testuggine d'acqua; **3a**) e *Natrix natrix* (biscia dal collare; **3b**).

Gli **Uccelli** costituiscono una classe con numerose specie legate agli ambienti acquatici per motivi prevalentemente trofici. Le zone umide non “forniscono” soltanto pesci, come fonte alimentare, in quanto la componente più importante che entra nella dieta degli uccelli è costituita da invertebrati. In **fig. 13.25** sono rappresentate alcune specie osservabili presso le zone umide. Il tuffetto (*Podiceps ruficollis*) è il più piccolo degli svassi, frequente nelle acque stagnanti ricche di vegetazione, dove si procura invertebrati e piccoli pesci. Presso i grandi fiumi, laghi ed il mare, si può osservare il falco pescatore (**1**; *Pondion haliaetus*), che si nutre esclusivamente di pesci anche di buona taglia (raro come nidificante in Italia). Lo svasso maggiore (*Podiceps cristatus*) frequenta laghi e stagni; si nutre di insetti, crostacei, girini e avannotti. Pesci, rane, rettili, macroinvertebrati,... costituiscono la dieta dell'airone cenerino (**2**; *Ardea cinerea*), in tutte le acque stagnanti, comprese risaie e prati umidi. Lungo i fiumi con acque limpide e i torrenti fino a quote elevate è presente il merlo acquaiolo (**3**; *Cinclus cinclus*) alla ricerca di macroinvertebrati e di piccoli pesci. Il germano reale (*Anas platyrhynchos*) è la maggiore delle anatre di superficie e forse uno degli uccelli più facilmente osservabili (le anatre di superficie hanno una linea di galleggiamento più bassa e zampe in posizione centrale, per favorire il galleggiamento; viceversa nelle tuffatrici la linea di galleggiamento è più alta e le zampe più arretrate, per facilitare l'immersione); si nutre di idrofite e di invertebrati. La marzaiola (*Anas querquedula*) è una piccola anatra che predilige le zone umide ricche di vegetazione, dove trova quanto occorre per soddisfare la sua dieta onnivora. Il corriere piccolo (**4**; *Charadrius dubius*) si muove sulle rive di acque stagnanti alla ricerca di invertebrati. Il piro-piro piccolo (**5**; *Actitis hypoleucos*) è presente sulle rive ghiaiose e sabbiose di ruscelli, fiumi e laghi dove cerca macroinvertebrati. Ai bordi dei fiumi e delle acque stagnanti limpide frequente è il martin pescatore (**6**; *Alcedo atthis*), che pesca piccoli pesci e macroinvertebrati. La moretta (*Aythya fuligula*) è un'anatra tuffatrice che vive, spesso in gruppi, in laghi, stagni, paludi e in acque a lento corso, dove si nutre di macroinvertebrati, in particolare di molluschi che cattura immergendosi fino ad una decina di metri. Anche il moriglione (*Aythya ferina*) è un'anatra tuffatrice che predilige le zone umide ad acque stagnanti ampie ed aperte; si nutre di piante acquatiche e di macroinvertebrati che cattura fino a 5 metri di profondità. Lungo le rive ricche di vegetazione di stagni e corsi d'acqua è rinvenibile la gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*) purché vi siano invertebrati, semi ed erbe. La folaga (*Fulica atra*) frequenta ambienti con acque stagnanti aperti e di grandi dimensioni, dove si nutre prevalentemente di vegetali. Presso le paludi, torbiere ed acquitrini, di difficile osservazione è il beccaccino (**7**; *Gallinago gallinago*). Una specie sempre più frequente nelle zone umide continentali è il gabbiano comune (*Larus ridibundus*), spesso in stormi numerosi sulle discariche presso i corsi d'acqua. La

ballerina gialla (*Motacilla cinerea*) nidifica vicino alle rive lungo i corsi d'acqua nelle cavità di rocce, sotto le radici o sotto i ponti; si nutre prevalentemente di invertebrati.

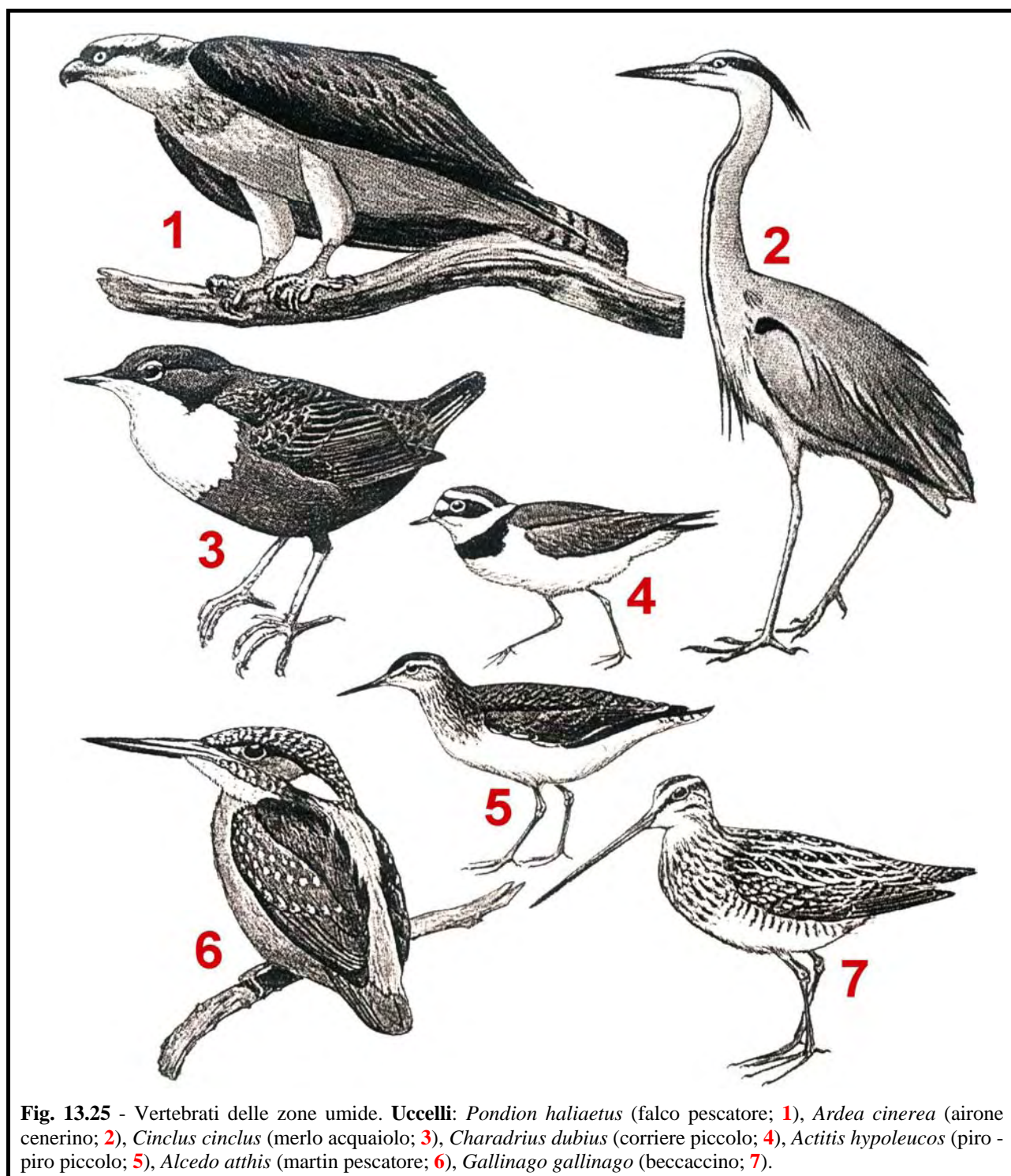


Fig. 13.25 - Vertebrati delle zone umide. **Uccelli:** *Pondion haliaetus* (falco pescatore; **1**), *Ardea cinerea* (airone cenerino; **2**), *Cinclus cinclus* (merlo acquaiolo; **3**), *Charadrius dubius* (corriere piccolo; **4**), *Actitis hypoleucos* (piro-piro piccolo; **5**), *Alcedo atthis* (martin pescatore; **6**), *Gallinago gallinago* (beccaccino; **7**).

Fra i **Mammiferi** la specie che interagisce maggiormente con le zone umide è l'uomo, perché importante modificatore del paesaggio e responsabile dei processi di inquinamento e perché altera la struttura delle comunità vegetali ed animali con l'introduzione di specie esotiche; si pensi, per le piante, a specie come *Robinia pseudoacacia* (**Fig. 13.26**), *Buddleja davidii*, *Reynoutria japonica*, *Phytolacca americana*, *Elodea canadensis*,... che, arrivate casualmente nell'ambiente naturale acquatico o ripario, si sono rapidamente ed estesamente diffuse, causando problemi di competizione con le specie autoctone. Fra i molluschi l'introduzione del genere *Limax*; **fig. 13.27**). Per quanto riguarda le popolazioni ittiche le interazioni sono avvenute sia con l'introduzione di specie esotiche, sia con la pesca sportiva e professionale (**par. 14.7**).



Fig. 13.26 - *Robinia pseudoacacia*, specie americana introdotta per il consolidamento delle sponde nel '700 e poi ampiamente diffusasi.



Fig. 13.27 - Lumache del genere *Limax*, introdotte accidentalmente con l'importazione del legname.

Fra i mammiferi esotici si ricorda la nutria (*Myocastor coypus*; **1** in **fig. 13.28**); roditore originario del Sud America presente in piccole e sporadiche colonie lungo le rive di laghi e fiumi a lento corso; si nutre prevalentemente di piante acquatiche non disdegnando molluschi. Il ratto delle chiaviche, o surmolotto (*Rattus norvegicus*; **2** in **fig. 13.28**) è un altro roditore frequente lungo le rive dei fiumi e delle acque stagnanti; la sua alimentazione è molto varia e comprende sia vegetali, sia animali di piccola taglia. Fra gli Insettivori si può citare il toporagno d'acqua (*Neomys fodiens*; **3** in **fig. 13.28**), micromammifero che vive lungo ruscelli e torrenti alla ricerca di macroinvertebrati ed occasionalmente di avannotti. La lontra (*Lutra lutra*; **4** in **fig. 13.28**), mustelide sull'orlo dell'estinzione in Italia, per la caccia indiscriminata a cui è stato sottoposta e per l'alterazione degli ambienti adatti ad ospitarlo; si nutre quasi esclusivamente di pesci.

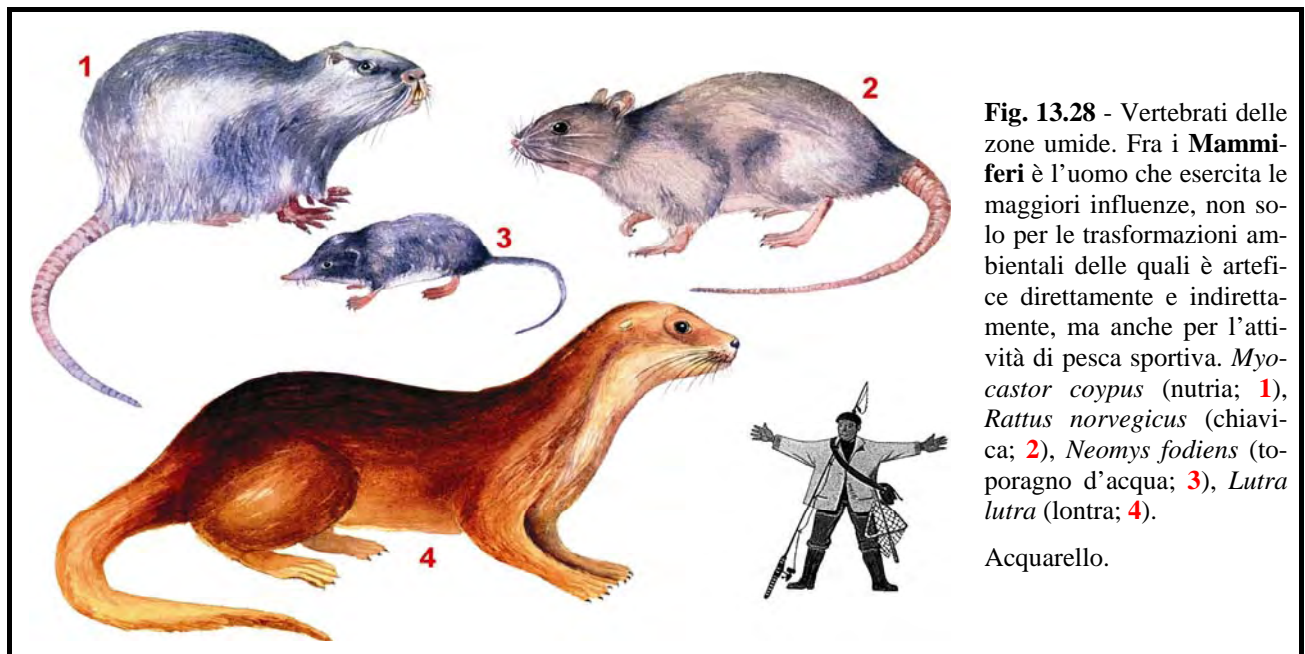


Fig. 13.28 - Vertebrati delle zone umide. Fra i **Mammiferi** è l'uomo che esercita le maggiori influenze, non solo per le trasformazioni ambientali delle quali è artefice direttamente e indirettamente, ma anche per l'attività di pesca sportiva. *Myocastor coypus* (nutria; **1**), *Rattus norvegicus* (chiavica; **2**), *Neomys fodiens* (toporagno d'acqua; **3**), *Lutra lutra* (lontra; **4**).

Acquarello.