



Provincia di
Alessandria



Il microcosmo d'acqua dolce

Il microcosmo d'acqua dolce

**Manuale per il
riconoscimento delle
principali forme
microscopiche**

**Idee e strumenti per la scuola
Quaderno didattico numero CINQUE**



PROVINCIA di ALESSANDRIA
Assessorato Tutela e Valorizzazione Ambientale

DIREZIONE TUTELA E VALORIZZAZIONE AMBIENTALE
PROTEZIONE CIVILE

Dirigente: Dott. Giuseppe Puccio

Via Galimberti 2/A - 15100 Alessandria
 tel. 0131 - 3041—fax 0131 - 304708

Istituto Tecnico Industriale Statale di Acqui Terme

Via Carlo Marx, 2 - 15011 Acqui Terme - AL
 tel. 0144-311708

E-mail: marco.pieri@scientificogalilei.edu.it

Servizio Segreteria Amministrativa e Valorizzazione ed Educazione Ambientale

Laboratorio Territoriale di Educazione Ambientale

Responsabile: Antonella Armando

tel. 0131-304562

E-mail: antonella.armando@provincia.alessandria.it

Coordinamento e realizzazione:

prof. Marco Pieri e prof.ssa Luigina Rebora - I.t.i.s. di Acqui

Hanno collaborato gli allievi dell'indirizzo biologico:

**Gian Luca Bianchi, Jessica Corsico, Paola Gilardi, Fabio Gior-
 dano, Marta Gonella, Martina Magra, Gaia Oldrà, Francesca
 Peretto, Gaia Pesce, Christian Scarsi, Ambra Villani, Luca
 Zaccone.**

Un ringraziamento a **Gianmarco Perrone** (per aver iniziato il la-
 voro di archiviazione delle immagini digitali)

Realizzato con il sostegno della



**REGIONE
 PIEMONTE**

INFEA 2007



presentazione

PRESENTAZIONE

Con la presente pubblicazione si riafferma il rapporto di collabora-
 zione dell'Assessorato Tutela e Valorizzazione Ambientale della
 nostra Provincia con l'Itis di Acqui Terme, impegnato da anni nel
 settore dell'educazione ambientale.

Un gruppo di studenti dell'indirizzo biologico, guidati dai loro inse-
 gnanti, sono gli autori del lavoro che si presenta di facile consulta-
 zione e adatto a soddisfare l'interesse di un vasto pubblico, bambi-
 ni compresi.

Il manuale di riconoscimento si presta ad un uso pratico e può
 diventare un semplice strumento didattico per le scolaresche che
 intendano dedicarsi all'osservazione dei microrganismi acquatici.

L'obiettivo di più ampio respiro è quello di diffondere, soprattutto
 fra i più giovani, un senso di responsabilità e consapevolezza verso
 tematiche con le quali le nuove generazioni dovranno sempre più
 confrontarsi.

In questo caso specifico, il manuale comunica meraviglia e rispet-
 to per la biodiversità degli ecosistemi acquatici.

Pagina dopo pagina si illustrano ruoli ecologici e modi di vita dei
 microrganismi, a cui si aggiungono molte curiosità interessanti.

La conoscenza di un così affascinante microcosmo pone il lettore di
 fronte ai problemi legati all'inquinamento delle acque superficiali e
 alla conseguente sopravvivenza di specie viventi quasi sconosciu-
 te, ma fondamentali per gli equilibri della biosfera.

Saper difendere laghi, fiumi e torrenti è un impegno inderogabile
 che riguarda tutti e queste quinto Quaderno Didattico sicuramente
 saprà sprigionare quella piccola scintilla che deve mantenere de-
 sta l'attenzione comune verso la natura

L'Assessore alla Tutela
 e Valorizzazione Ambientale
Davide Sandalo

sommario

sommario

Premessa	3
Il campionamento	5
Le colture e gli infusi	9
Il microscopio e l'osservazione	10

TAVOLE

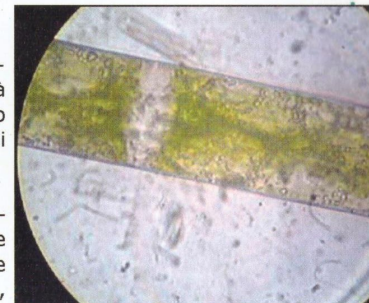
Le alghe azzurre	14-15
Le euglene	16-17
Le diatomee	18-19-20
Le alghe coniugatoficee	21-22
Le volvox	23
I parameci	24-25
I ciliati spirotrichi	26
Gli stentor	27
Le vorticelle	28
Gli infusori	29
Le amebe	30
Le tecamebe	31
Gli eliozoi	32-33
I crostacei	36-37-38-39
Gli anellidi	40-41
I rotiferi	42
I gastrotrichi	43
I nematodi	44
Glossario	45-46
Riferimenti bibliografici	47

premessa

premessa

Questo manuale di riconoscimento nasce dalla decennale attività didattica degli allievi dell'Istituto Tecnico Industriale Statale di Acqui Terme (AL).

Generazioni di studenti dell'indirizzo biologico si sono cimentate nell'esplorazione dell'affascinante microcosmo delle acque dolci, costruendo un archivio fotografico di buon livello dal quale deriva la maggior parte delle immagini, ad esclusione di alcune foto di cui viene specificata la fonte.



Il sostegno dell'Assessorato Tutela e Valorizzazione Ambientale della Provincia, la sensibilità degli assessori che si sono succeduti nel tempo ed il supporto del Laboratorio Territoriale di Educazione Ambientale, diretto dalla M.a Antonella Armando, hanno reso possibile negli anni il potenziamento dei laboratori dell'Itis e la realizzazione di numerosi percorsi formativi.

Il manuale si rivolge ad un pubblico di non esperti e volutamente trascura il rigore scientifico, per lasciar posto alle descrizioni essenziali dei microrganismi.

Semplificando al massimo la classificazione ufficiale, in parte ancora controversa e complicata, si è preferito suddividere i microrganismi in alghe, protozoi e animali microscopici.

Ai Protozoi (del regno Protisti) e alle Alghe azzurre (del regno Monere) è riservata la prima parte, la seconda è dedicata a quei pluricellulari (del regno Animali) che si osservano con più facilità e frequenza.

Senza la pretesa della completezza, queste pagine hanno l'obiettivo di suscitare interesse per l'osservazione scientifica, rimandando i dovuti approfondimenti a guide specialistiche.

prof. Marco Pieri

il campionamento

il campionamento

Materiale occorrente sul campo e tecniche di campionamento

In tutti gli ambienti acquatici è possibile raccogliere qualche campione d'acqua per compiere osservazioni al microscopio.

Se si vogliono effettuare prelievi lontano dalla riva o in piena corrente sarebbe meglio munirsi di un **bastone telescopico** da imbianchino (sono quelli che si possono allungare od accorciare per segmenti, come si fa con le canne da pesca); in cima, fissare un recipiente di plastica con il quale sarà possibile raccogliere campioni in perfetta sicurezza in punti poco accessibili.



L'acqua potrà essere custodita in semplici **barattoli di vetro** con tappo a vite; quando si raccolgono più campioni in posti diversi, sarebbe necessario etichettare ogni contenitore (**etichette autoadesive**).

Insieme all'acqua, raccogliere anche detriti del fondale, foglie in decomposizione, fango e frammenti di piante. Lavare i sassi sommersi e raschiare la loro superficie per essere sicuri di prelevare anche organismi che aderiscono alle rocce.

Piccole alghe filamentose o pianticelle sommerse con le loro radici sono un'importante fonte di ossigeno e, senza esagerare, andrebbero inserite nei barattoli.

il campionamento

il campionamento



Materiale occorrente sul campo e tecniche di campionamento

Le varie specie di microrganismi hanno esigenze variabili in fatto di ambiente naturale e di qualità dell'acqua; acquisita un po' di esperienza, sarà facile classificare le popolazioni tipiche dello stagno, del torrente limpido o della semplice pozzanghera melmosa.

Comunque, per l'osservazione di organismi innocui bisogna evitare accuratamente quei siti visibilmente contaminati da scarichi fognari o pericolosi.

Usare sempre dei **guanti di gomma** per proteggersi da tagli accidentali quando si lavora sul fondale con le mani.



le colture le colture

Consigli per la conservazione e il mantenimento delle colture

Molti microrganismi sono sensibili agli sbalzi di temperatura, perciò sarà opportuno tenere i nostri barattolini in una borsa termica, tipo quelle che si trovano nei supermercati per i surgelati, oppure in un contenitore di polistirolo munito di coperchio. Quando si raccolgono i campioni, bisogna sempre lasciare un po' d'aria tra l'acqua ed il coperchio per consentire una piccola riserva di ossigeno.

Giunti a casa, i coperchi dovranno essere rimossi e i barattoli potranno essere coperti con un tessuto poroso tipo quello usato per confezionare i confetti, che si potrà fermare con un elastico: così si renderà possibile il ricambio d'aria.

Anche vicino a casa è possibile reperire microrganismi, come nelle fontane pubbliche (raschiando il tappeto di mucillaggine sulle pareti della vasca), nei sottovasi o in un acquario d'appartamento.

Il posto corretto per la **conservazione delle colture** è un davanzale di una finestra per garantire il necessario apporto di luce agli organismi fotosintetici, anche se non bisogna esporle troppo direttamente (filtrare la luce con una tenda).

In generale, con il passare dei giorni, le specie più resistenti alle acque stagnanti tenderanno ad aumentare di numero, mentre quelle sensibili spariranno velocemente, per questo bisognerebbe compiere un primo esame dei campioni appena prelevati.

Nelle colture vecchie proliferano i batteri che creano una patina sul pelo dell'acqua, a questo punto solo gli organismi più resistenti sopravviveranno.



le colture le colture

Consigli per la conservazione e il mantenimento delle colture

Per mantenere le colture si può rabboccare con nuova acqua, possibilmente della medesima provenienza, con parsimonia e a temperatura ambiente.

Se si usa **acqua distillata**, aggiungere con moderazione per non alterare l'equilibrio osmotico delle cellule.

Evitare l'acqua di rubinetto quando troppo ricca di cloro.

Come fonte di cibo, qualche **filamento di fieno** o pochissime **gocce di latte** vanno benissimo.



Per generare altre colture da quelle vecchie è sufficiente preparare un barattolo nuovo con un po' d'acqua di natura analoga e fieno fresco poi si potrà aggiungere qualche goccia di coltura.



gli infusi

gli infusi

Infusi fatti in casa

Senza uscire sul territorio è possibile generare protozoi.

Il metodo più comune è l'allestimento di un **infuso** sfruttando la particolarità dei *parameci* e di altri *ciliati* di racchiudersi in *spore* o *cisti* per resistere a situazioni ambientali avverse.

Dopo aver aggiunto l'acqua a **pezzetti di fieno** e qualche frammento di carota o goccia di latte, come fonte di nutrimento, si deve attendere qualche giorno per la proliferazione di questi organismi molto mobili.



Il volume dell'infuso dovrà essere all'incirca quello di un bicchiere d'acqua colmo.



Un altro infuso è quello con **l'insalata** che si realizza immergendo qualche foglia, senza eccedere per evitare sgradevoli fenomeni di putrefazione ed eccessivo consumo di ossigeno.

il microscopio

il microscopio

Per l'osservazione dei microrganismi acquatici non possiamo affidarci semplicemente alla nostra vista, ma dobbiamo ricorrere a strumenti ottici che ne aumentino le dimensioni mantenendo una buona qualità dell'immagine. Il più importante e adatto di questi strumenti è il microscopio ottico, in grado di ingrandire fino a 500 volte gli oggetti.

Il microscopio ottico è uno strumento piuttosto complesso, costituito da molte componenti suddivisibili in tre gruppi.

Parti meccaniche:

tavolino portaoggetti (1): piano su cui si posano i vetrini con i preparati. Esso può essere spostato dal basso verso l'alto per mezzo di due manopole: la vite macrometrica (per una messa a fuoco grossolana) e la vite micrometrica (per mettere a fuoco con precisione). Sul tavolino può essere presente un dispositivo per spostare avanti, indietro e lateralmente il vetrino;

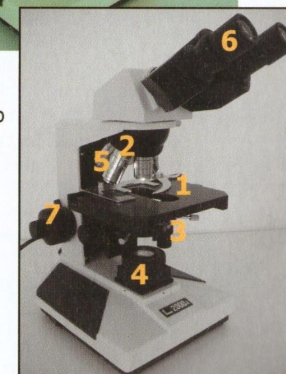
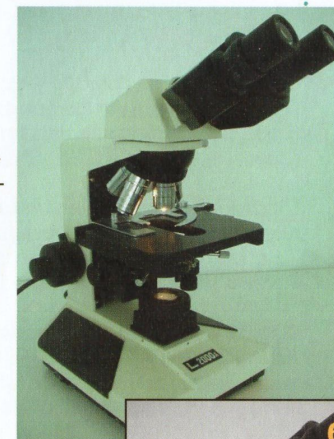
revolver portaobiettivi (2): supporto girevole che sostiene di solito quattro obiettivi;

diaframma (3): serve a regolare la quantità di luce che attraversa il campione. Presenta un foro centrale che può essere allargato o ristretto grazie ad una levetta laterale;

manopole per la messa a fuoco (7): quella più grande serve per una messa a fuoco "grossolana"; quella più piccola si utilizza per la messa a fuoco di precisione.

Parte elettrica:

fonte luminosa (4): costituita da una lampada a luminosità regolabile posta nel basamento dello strumento;



il microscopio

il microscopio

Parti ottiche:

condensatore (3): montato insieme al diaframma, è un dispositivo che contiene una serie di lenti per convogliare la luce sul campione;

obbiettivo (5): sistema di lenti che produce un primo ingrandimento dell'oggetto. È posto sul revolver portaobbietivi. Nei microscopi normalmente ingrandiscono rispettivamente X 4, X10, X 40 e X100 (l'ingrandimento si legge direttamente sull'obbiettivo);

oculare (6): dispositivo a cui si avvicina l'occhio per effettuare l'osservazione. È un complesso di lenti situato all'estremità del tubo, che ingrandisce ulteriormente l'immagine del campione in osservazione.

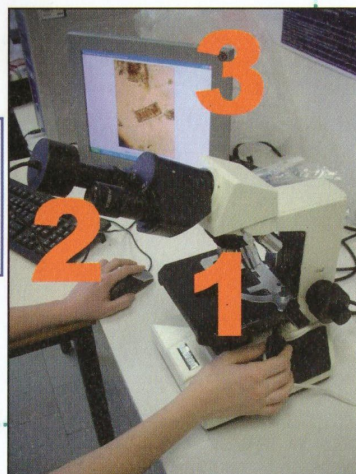
L'ingrandimento totale si ha moltiplicando il valore dell'oculare per quello dell'obbiettivo in uso.

Telecamera digitale

Oggi si trovano in commercio discrete telecamere digitali a prezzi accessibili e alla portata dei bilanci scolastici. Il collegamento avviene al P.C. tramite porta USB e al microscopio ottico tramite la semplice rimozione dell'oculare.

Nella foto, l'attrezzatura con la quale sono state digitalizzate le immagini di questo manuale.

- 1- microscopio ottico binoculare
- 2- microtelecamera innestata su uno degli oculari
- 3- computer

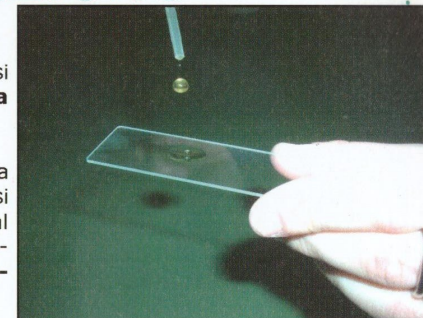


l'osservazione

l'osservazione

Per allestire i preparati si utilizza la **tecnica della goccia schiacciata**.

Con una **pipetta** si preleva un po' di infuso, quindi si pone una piccola goccia al centro del vetrino rettangolare, detto **vetrino portaoggetti** (foto a fianco).



Appoggiando un **vetrino coprioggetti** su un lato del portaoggetti, lo si lascia cadere delicatamente schiacciando la goccia.

Se l'esecuzione è perfetta non dovrebbe uscire acqua fra i due vetrini (foto sotto).

Se ciò dovesse accadere, sarebbe meglio asciugare il tutto e ripetere con meno acqua: c'è il rischio di far filtrare acqua nelle parti elettriche del microscopio!



Dopo la messa a fuoco con il minimo ingrandimento (obbiettivo 4X) si passa ad una prima visione d'insieme del preparato.

Fra i detriti spesso si notano i maggiori assembramenti di cellule: *protozoi ciliati, rotiferi o nematodi*.

Passando agli ingrandimenti maggiori si dovrà man mano aumentare la luminosità del microscopio aprendo il diaframma e intensificando la potenza della lampadina (se il vostro modello ha il reostato). Qualora il microscopio possedesse anche l'obiettivo 100 X non lo utilizzate se non conoscete la tecnica dell'immersione ad olio.

Un trucco per i veloci ciliati

Un trucco, per rallentare la corsa dei ciliati e poterli identificarli con calma, è quello di sciogliere un po' di *colla da parati* in un recipiente e stemperarlo con la goccia direttamente sul portaoggetti.

La quantità di colla deve essere molto ridotta e si può prelevare con la punta di una pipetta. Quindi di "chiude il tutto" con il coprioggetti.

alghe e protozoi

alghe e protozoi

A L G H E	Alge azzurre	Oscillatoria	
	Euglenofite	Euglena	
	Diatomee	(varie forme)	
	Alge verdi	Spyrogira Closterium Volvox Pediastrum	
P R O T O Z O I	Ciliati	Paramecio Ciliati Spirotrichi Vorticelle Stentor Infusori	
	Sarcodini	Amebe Tecamebe Eliozi	

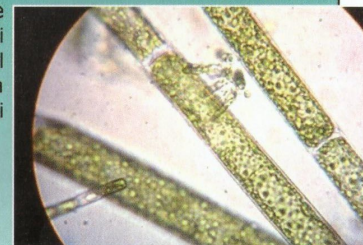
alghe e protozoi

alghe e protozoi

Alge e protozoi appartengono al Regno Protisti con l'eccezione delle Alge azzurre che fanno parte del regno Monere.

Per semplicità, in questo manuale tali organismi saranno suddivisi in modo tradizionale, considerando le *Divisioni* delle alghe e i *Phyla* dei protozoi (vedi la tabella della pagina successiva).

Dal punto di vista metabolico, le alghe sono fotosintetiche e quindi in grado di convertire la luce del sole, l'acqua e l'anidride carbonica in sostanza nutriente, per questo si dicono **autotrofi** (*glossario*)



I protozoi sono quasi tutti **eterotrofi** (*glossario*), costretti cioè a procurarsi il cibo in diversi modi: ad esempio, decomponendo residui o nutrendosi di altri organismi, alcune forme possono essere parassite.

Le cellule dei protisti possono avere mobilità grazie a **flagelli** (come l'euglena) o a **ciglia** (come il paramecio), in altri casi il loro movimento avviene strisciando grazie a **pseudopodi** (come l'ameba).

Alcuni di questi organismi vivono liberi nelle acque e vengono trasportati dalle correnti (sono planctonici - *glossario*), altri sono relegati sul fondo o sui materiali sommersi (sono bentonici - *glossario*).

I Protisti comparvero circa 1 miliardo e 300 milioni di anni fa; dai protozoi si origineranno gli animali, dalle alghe le piante.

le alghe azzurre

le alghe azzurre



Classificazione

Le Alghe azzurre (divisione Cyanophyta) possono essere unicellulari o filamentose. Sono forse tra i più antichi organismi autotrofi ancora oggi esistenti. Appartengono al Regno delle Monere perché la loro cellula è semplice come quella dei batteri.

Diffusione

Queste alghe sono molto diffuse e spesso si trovano in luoghi in cui le piante e le altre alghe non riescono a vivere, come le sorgenti termali, i ghiacciai e le pareti rocciose. La maggior parte vive però nelle acque dolci e molte fanno parte del plancton.

Al microscopio

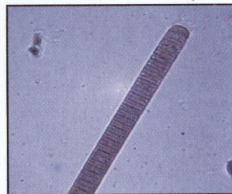
Come i batteri, le Alghe azzurre non hanno un nucleo cellulare e il materiale genetico è sparso all'interno della cellula stessa. Quest'ultima è però avvolta in un involucro (prodotto dall'alga stessa), chiamato guaina: è molto difficile vederlo al microscopio poiché è trasparente e incolore.

Una delle caratteristiche principali di queste alghe è il colore che varia dal verde/blu, al verde rame, al blu acciaio, dovuto alla presenza di un particolare pigmento azzurro, la *ficocianina*.

Caratteristiche di vita

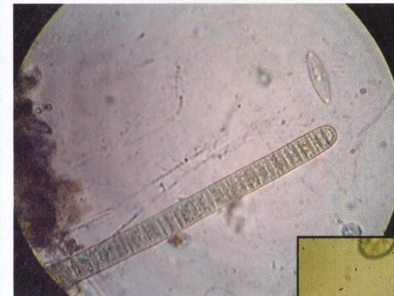
Le Alghe azzurre si riproducono solo per via asessuata, per divisione cellulare. Svolgono la fotosintesi e alcune specie sono in grado di fissare l'azoto atmosferico. Questa azione è importante per restituire azoto nel terreno (utilità nelle risaie).

Nelle foto, alghe del genere *Oscillatoria*



le alghe azzurre

le alghe azzurre



A fianco, un'alga azzurra filamentosa formata da tante cellule identiche.

In basso, un'alga azzurra unicellulare sferoidale del genere *Chroococcus*



Duplicazione delle alghe azzurre

Dopo la divisione cellulare le cellule figlie restano unite alle cellule madri per un certo tempo e fino al numero massimo di quattro. Le avvolge una sostanza gelatinosa detta *glia*.

(Foto a destra e in basso)



le euglene

le euglene



Classificazione

Le *Euglene* sono organismi unicellulari e fanno parte delle alghe flagellate (euglenofite).

Diffusione

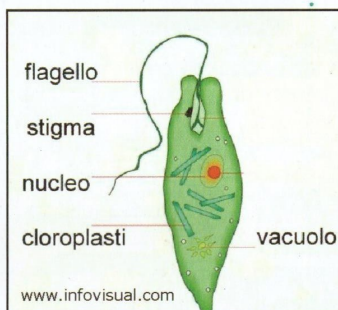
Piccoli specchi d'acqua, pozze melmose e acque stagnanti.

Al microscopio

Parte anteriore: si riconosce uno stigma (1) di colore arancione, un organello fotosensibile che attira la cellula verso la luce. Dopo lo stigma partono due flagelli: uno cortissimo e uno più lungo che permette all'euglena di avanzare (vedi disegno).

Parte posteriore, spesso è distinguibile una piccola "coda" ripiegata (2).

Le cellule, oblunghe, sono mobili e di colore verde per i numerosi cloroplasti (3).



www.infovisual.com



le euglene

le euglene

Caratteristiche di vita

Il corpo delle euglene è racchiuso all'interno di una sottilissima membrana visibile solo al microscopio elettronico.

Accumulano grassi e oli grazie alla fotosintesi, ma non sono organismi esclusivamente fotosintetici.

Infatti, devono vivere con alcune specie di batteri che le aiutano a sintetizzare la vitamina B.

Grazie ad una piega nella parte anteriore riescono a fagocitare altri microrganismi, oppure assorbono cibo allo stato liquido (pinocitosi — glossario).



A fianco, un'euglena espelle per esocitosi una vescicola tondeggiante (1).

Si noti nella foto piccola come la vescicola sia ormai lontana dall'euglena (2).

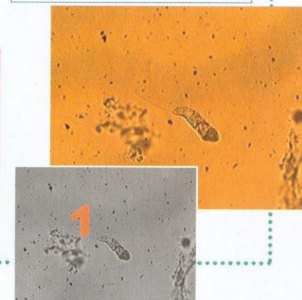
I flagellati

Numerose sono le forme di flagellati che non eseguono la fotosintesi clorofilliana. Questi microrganismi sono degli zooflagellati e si nutrono di batteri o di materia in decomposizione; vivono liberi nelle acque.

Nella foto sotto, zooflagellato di cui si riconosce il flagello (1).

Il fototassismo

Grazie allo stigma ricco di carotenoidi (quelli che danno il colore alle carote), le euglene sono richiamate dalla luce e possono essere radunate nell'infuso con l'aiuto di una piccola lampadina accesa.



le diatomee le diatomee



Classificazione: sono alghe unicellulari e appartengono alla divisione delle Crisofite

Diffusione: in tutti gli ambienti di acqua dolce, salata e salmastra. Costituiscono importante fonte di cibo alla base della catena acquatica.

Ne esistono migliaia di specie e contengono pigmenti di colore giallo-bruno,

giallo-oro, giallo-verde o solo verde, quando prevale la sola *clorofilla*.

Al microscopio: il guscio è la caratteristica che le distingue immediatamente.

Spesso hanno una forma allungata e sono racchiuse dal robusto guscio trasparente (*siliceo*) diviso in due teche: quella superiore è più grande e funziona da "coperchio", ricoprendo quella inferiore.

Sul guscio, inoltre, ci sono delle striature e rilievi che creano un disegno regolare e ordinato che desta la curiosità di tanti appassionati.

All'interno sono spesso visibili le masse dei pigmenti colorati.



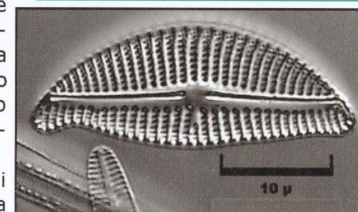
le diatomee le diatomee

Caratteristiche di vita

Questi organismi possono vivere in colonie o da soli e si riproducono il più delle volte per via asessuata (*mitosi*). Essendo *autotrofe*, devono vivere vicino a fonti luminose per poter compiere la fotosintesi clorofilliana. Le forme oblunghe e a forma di navetta possiedono una fessura fra le teche detta *rafe* che permette all'alga di strisciare sul fondo grazie alla produzione di una sostanza collosa o la contrazione di organelli. Quelle che vivono in acque abbastanza profonde, invece, usano le loro riserve nutritive raccolte in goccioline oleose per galleggiare e rimanere vicino alla superficie, ben esposte al sole. Cedendo queste goccioline possono immergersi come un sommergibile.

Altre specie, sono *bentoniche*, vivono cioè ancorate ad un substrato.

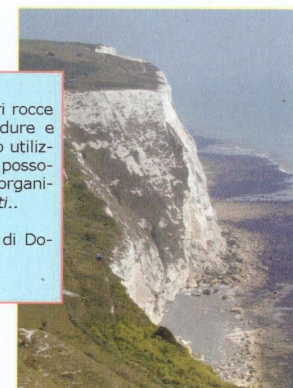
Guscio di diatomea a forte ingrandimento da www.microthele.it



Una curiosità

I gusci delle diatomee originano delle particolari rocce chiamate **diatomiti**. Sono bianche, leggere, dure e porose e grazie alle loro caratteristiche vengono utilizzate come filtri e come abrasivi. Le diatomiti possono essere costituite anche da gusci di altri microrganismi, come i *radiolari*, *foraminiferi* e *silicoflagellati*..

Nella foto: le famose diatomiti delle scogliere di Dover—Inghilterra



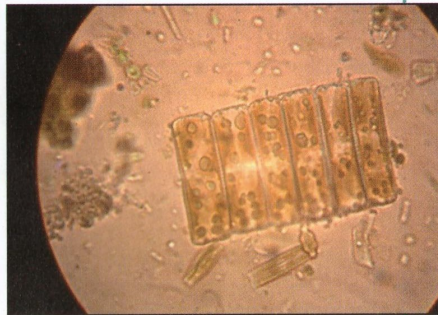
le diatomee le diatomee



1—Al centro, una forma a *spillo*
2— Sulla destra, una diatomea
a forma di *barchetta* e dal
colore giallastro.



Diatomee coloniali



Diatomee dalla curiosa forma a
botticella

le alghe coniugatoficee le alghe coniugatoficee

Classificazione

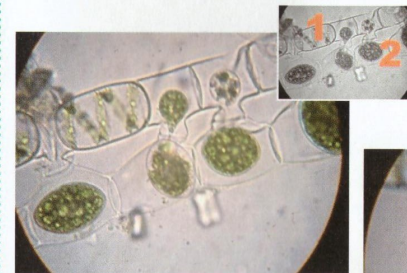
Le Coniugatoficee appartengono alla grande divisione delle Alghe verdi, dette anche *Clorofite* perché possiedono abbondante clorofilla.

Al microscopio:

tipiche sono le alghe filamentose con cloroplasti a forma di elica (1).

La coniugazione per motivi riproduttivi è tipica: due filamenti verdi si avvicinano e comunicano tramite particolari strutture specializzate per eseguire una riproduzione sessuata.

Da un filamento il materiale cellulare si sposta in quello opposto (2), poi il suo contenitore ne rimane svuotato (3)



Due filamenti di *Spirogyra*
in riproduzione



Diffusione

Le Coniugatoficee vivono solo nelle acque dolci e sono comuni nelle acque paludose a dare intrichi di materiale marcescente.

le alghe coniugatoficee

le alghe coniugatoficee

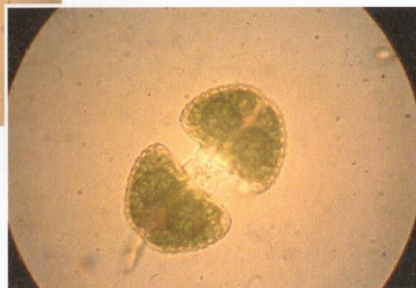
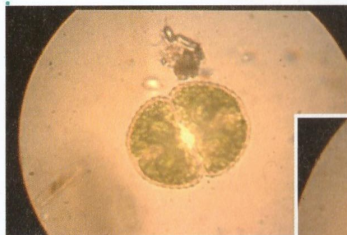
Le Coniugatoficee hanno anche forme semplici a "banana" o a due metà simmetriche.



Alghe a "banana" del genere *Closterium*. Comuni nelle acque molto ricche di nutrienti (eutrofiche)



Coniugatoficea a due metà simmetriche in divisione



le volvox

le volvox

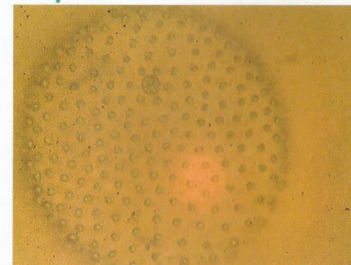
Classificazione

Questi organismi sferici fanno parte della divisione delle Alghe verdi.

Diffusione

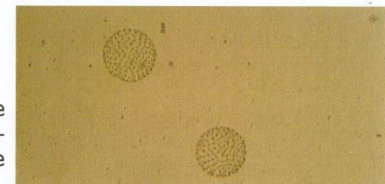
Prediligono le acque stagnanti.

Sono un'importante fonte di cibo come fitoplancton.

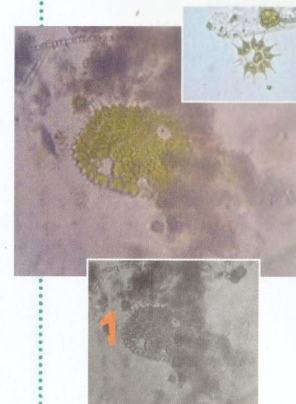


Al microscopio

Si presentano come colonie sferiche costituite da tante cellule (alcune centinaia) riunite da filamenti del citoplasma.



Talora possiedono una corona periferica di cellule con due flagelli; in questo caso la volvox ruota su se stessa.



Nelle foto a fianco, colonie stellate di "alga coccale" del genere *Pediastrum*.

Queste alghe, simili alle *Volvox*, non possiedono flagelli e sono sempre immobili. Appaiono come rotelle dentellate a più "spine" (1)

Le alghe nello spazio

Le alghe verdi come le *volvox* potrebbero accompagnare gli astronauti nello spazio per produrre ossigeno e assorbire l'anidride carbonica prodotta nell'abitacolo delle navicelle o dei futuri laboratori lunari

i parameci i parameci

Classificazione: i parameci sono Protozoi ciliati.

Diffusione: vivono in habitat di acqua dolce e salata.

Al microscopio

I parameci hanno le ciglia disposte in modo uniforme lungo tutto il contorno cellulare e per questo sono detti *olotrichi*. Le ciglia sono difficili da individuare

Il paramecio presenta vacuoli contrattili o pulsanti per eliminare l'acqua in eccesso che penetra nella cellula per osmosi (*glossario*).

Un paramecio, dopo aver dilatato un vacuolo, lo contrae velocemente - sequenza 1-2-3 -

Il vacuolo si trasforma in una sorta di rosetta



i parameci i parameci

Caratteristiche di vita

Le ciglia permettono ai parameci veloci movimenti avanti e indietro.

Possiedono due nuclei: uno più grande (**macronucleo**) e uno più piccolo (**micronucleo**).

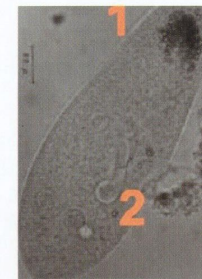
Nella riproduzione due parameci possono attaccarsi e scambiarsi i micronuclei.

Per il nutrimento, le particelle vengono assorbite da una sorta di canale comunicante con l'esterno (il citostoma - *glossario*) e poi immesse nei **vacuoli digestivi**, vescicole piene di liquido che fluttuano all'interno del citoplasma.

Nei vacuoli i succhi digestivi, prima uccidono la preda, poi la decompongono per ricavarne sostanze nutritive.

I resti non digeriti vengono eliminati con tutto il vacuolo che li aveva assunti.

Sono spesso predatori, cibandosi di batteri, flagellati, alghe unicellulari ed altri ciliati, oppure sono decompositori.



Con un po' di pazienza e una buona messa a fuoco, le ciglia appaiono lungo il contorno cellulare (1)

Il citostoma è la cavità a forma di sacco nella quale viene digerito il cibo (2)

i ciliati spirotrichi

i ciliati spirotrichi



Classificazione: sono dei protozoi Ciliati che per la distribuzione non omogenea e la lunghezza delle ciglia vengono detti *spirotrichi*.

Diffusione: sono abbastanza comuni nelle acque dolci; molte specie tollerano acque inquinate o putride



Schema di uno spirotrico: cellula allungata con lunghe ciglia (*cirri*). All'interno il citostoma accoglie il materiale sospinto dalle ciglia che si muovono velocemente

Al microscopio

Si tratta di organismi di forma allungata, dotati di lunghe ciglia dette **cirri**.

Grazie ai cirri sporgenti (1) si spostano velocemente fra i detriti. La forma della cellula è allungata e si riconoscono: una zona interna (2) nella quale viene assorbito il cibo e una "bocca" detta citostoma (*glossario*) (3) che convoglia il cibo grazie ai suoi numerosi cirri.

Caratteristiche di vita

I cirri possono essere molto sviluppati lungo la parte ventrale della cellula e servono all'organismo per correre velocemente sui detriti (in questo caso gli organismi si dicono *ipotrichi*).

Si nutrono di batteri, flagellati, alghe e altri ciliati. Spesso gli Spirotrichi sono presenti negli impianti di depurazione insieme alle vorticelle.

gli stentor

gli stentor



Classificazione

Appartengono ai protozoi Ciliati.

Diffusione

Acque stagnanti e ricche

Al microscopio

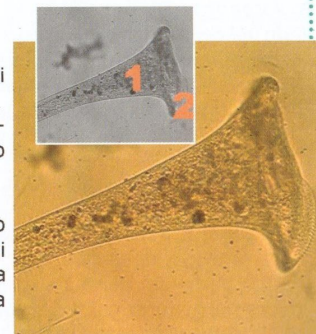
Piccolo organismo a forma di tromba terminante con una corona di ciglia e dotato di una cavità nella quale introduce le prede. Numerosi sono i vacuoli contrattili riempiti d'acqua, distribuiti nella lunghezza. Quando si contrae diventa una sfera.

Caratteristiche di vita

Possono vivere allo stato libero o fissi sul fondo.

Gli individui fissi secernono un involucro gelatinoso, con il quale aderiscono alle superfici.

Catturano batteri, ciliati in movimento e detriti (1) che vengono risucchiati grazie al vortice operato dalle ciglia disposte a corona (2) nella zona detta *peristoma*.



le vorticelle

le vorticelle



Classificazione: le vorticelle sono protozoi ciliati che vivono spesso in colonie. Appartengono al gruppo dei *peritrichi*.

Diffusione: le vorticelle sono abbastanza comuni nelle acque stagnanti, nei fossati e pozzanghere. Nei depuratori biologici sono utilissime per decomporre i liquami.

Al microscopio

Come carattere distintivo c'è un peduncolo (1) adesivo che, come un gambo di un fiore, tiene ancorato il microrganismo.

L'aspetto è imbutiforme e l'interno cellulare è ricco di vacuoli (2)

I singoli individui oscillano nell'acqua, si contraggono e si allungano alla ricerca di cibo che catturano con le ciglia poste all'imboccatura del *citostoma* (*glossario*). (3)

Con le ciglia in movimento creano una sorta di vortice che attira i piccoli organismi all'interno, per questo motivo hanno il nome di Vorticelle.



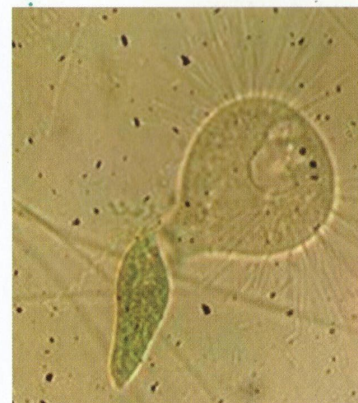
Caratteristiche di vita

Si cibano di batteri, piccole alghe e flagellati che finiscono nei vacuoli digestivi della cellula.

Fanno parte del benthos sessile, ovvero "non mobile", di dimensioni micrometriche in cui il gambo è lungo circa 100-200 micron mentre la cellula dotata di ciglia è più corta (da 30 a 80 micron).

gli infusori

gli infusori



Classificazione

Gli infusori appartengono al *phylum* dei ciliati pur non avendo gli individui adulti le ciglia.

Diffusione

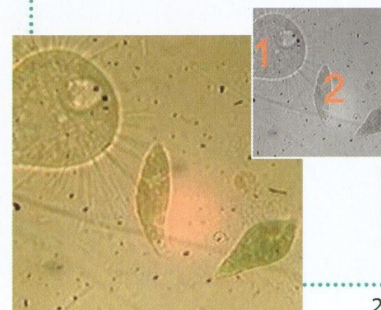
Molto diffusi soprattutto in acque ferme e paludose. Spesso sono ancorati ad alghe o vegetali sommersi mediante un peduncolo.

Al microscopio

Riconoscibili per gli organelli allungati a forma di spillo che terminano con una sorta di "capocchia" e che hanno sostituito le ciglia. Possono essere di varie forme, fra cui quella sferica di queste immagini, non si muovono velocemente.

Caratteristiche di vita

Gli infusori sono degli "spietati" predatori. Quando la preda tocca la cima dei "tentacoli" resta attaccata e una sorta di acido la paralizza. Il materiale cellulare viene successivamente succhiato e resta della preda solo l'involucro esterno.



Un infusore (1) sta predando una Euglena (2) per mezzo dei suoi "tentacoli"

le amebe le amebe

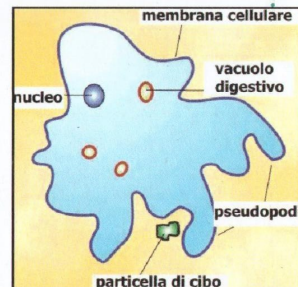


Classificazione

Le Amebe sono organismi unicellulari appartenenti al *phylum* dei Sarcodini.

Diffusione

Prediligono pantani e stagni, ma si possono trovare anche nei laghi.

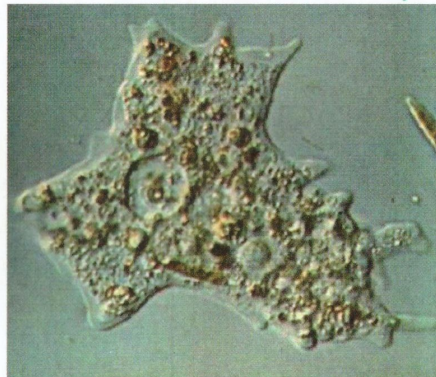


Al microscopio

Le Amebe sono cellule prive di involucro o guscio; il loro aspetto è irregolare con *pseudopodi* mutevoli. Il movimento è lento. Il citoplasma è granuloso con vacuoli digestivi

Caratteristiche di vita

Le amebe sono cacciatrici e catturano le prede mobili con gli pseudopodi che le immobilizzano. Nel citoplasma ci sono goccioline di grasso che servono come riserva energetica.



le tecamebe le tecamebe



Classificazione

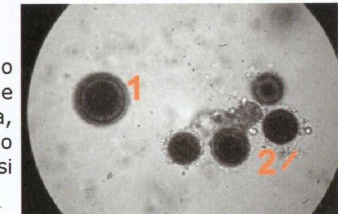
Come le amebe sono protozoi appartenenti al *phylum* dei Sarcodini. Le tecamebe sono abbastanza diverse dalle amebe perché possiedono un guscio.

Diffusione

Sono quasi esclusivamente d'acqua dolce. Possono vivere nel muschio e nel suolo bagnato.

Al microscopio

Le pareti della tecameba (1) sono rigide e formate da materiale simile a quello delle unghie: per costruirla, però, questi organismi inglobano corpi esterni o producono loro stessi delle placche minerali.

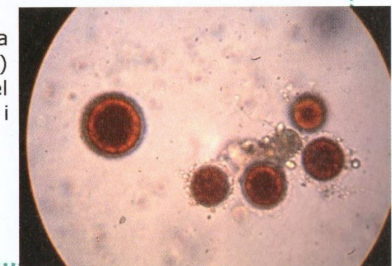


Gruppo di tecamebe

Caratteristiche di vita

Le tecamebe sono predatrici: cacciano batteri, diatomee, flagellati e molti altri microrganismi.

Si muovono lentamente grazie a prolungamenti del citoplasma (2) che fuoriescono da aperture del guscio detti pseudopodi (*glossario*).



gli eliozoi

gli eliozoi

Classificazione

Sono protozoi del *phylum* dei Sarcodini.

Diffusione

Gli eliozoi sono abbastanza comuni nelle acque tranquille: laghi, stagni e pozzanghere. Prediligono le acque basse.

Al microscopio

Gli eliozoi sono facilmente distinguibili per la forma sferica e i lunghi pseudopodi disposti a puntaspilli (detti *axopodi*).

Gli axopodi sono rigidi, si irradiano in tutte le direzioni e non permettono movimenti veloci.

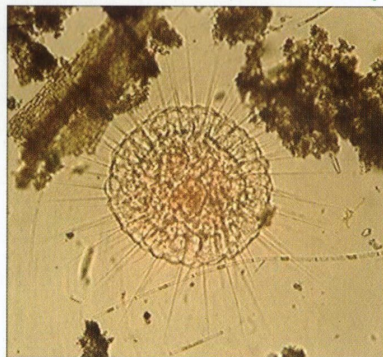
All'interno, nel citoplasma, troviamo i vacuoli pulsanti e i vacuoli digestivi che danno un aspetto spumoso all'organismo.

Caratteristiche di vita

Alcune forme di essi vivono in *simbiosi* (*glossario*) con alghe verdi unicellulari quindi diventano autotrofi (*glossario*).

Generalmente sono predatori e catturano flagellati, ciliati, rotiferi e altri microrganismi più piccoli di loro.

Le prede in movimento possono finire infilzate dagli pseudopodi a forma di ago, spesso velenosi. Successivamente la vittima viene fagocitata e inserita in uno dei vacuoli digerenti.



Una curiosità: l'unione fa la forza

Talvolta parecchi eliozoi si riuniscono temporaneamente per formare un "gruppo di caccia". In questo modo la massa di "spilli" velenosi ha più possibilità di catturare prede anche di dimensioni più grandi di un singolo eliozoo come *fillopodi* (pulci d'acqua, vedi scheda). Una volta nei vacuoli digerenti, le prede muoiono in qualche decina di minuti e i loro resti vengono espulsi in modo violento, come uno "scoppio".

gli eliozoi

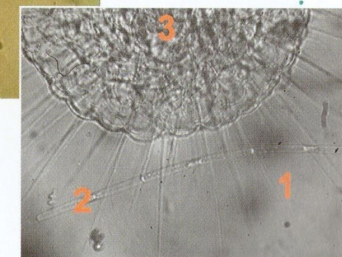
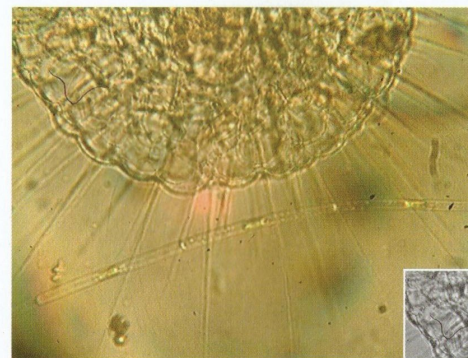
gli eliozoi

Gli eliozoi possono resistere anche a condizioni di difficoltà (ad esempio, la mancanza d'acqua o di cibo).

In questo caso, la cellula si trasforma in una *cisti*, ovvero in una cellula opaca e apparentemente priva di vita.

Al suo interno si sviluppano delle "sferulette" che daranno alla luce nuovi individui in un momento più favorevole.

Un eliozoo, grazie ai suoi pseudopodi a forma di ago (1), cattura una preda (2). Si noti l'interno "spumoso" per la presenza di vacuoli (3).



gli animali microscopici

gli animali microscopici

A R T R O P O D I	Crostacei	<i>Fillopodi</i>	
		<i>Ostracodi</i>	
		<i>Copepodi</i>	
ANELLIDI		<i>Oligocheti</i>	
ROTIFERI			
GASTROTRICHI			
NEMATODI			

gli animali microscopici

gli animali microscopici

In questo gruppo generico vengono inserite forme appartenenti a phyla diversi: Crostacei, Anellidi, Gastrotrichi, Nematodi e Rotiferi.

I Crostacei sono stati fra i primi organismi pluricellulari a popolare i mari; comparvero, infatti, già nel periodo Cambriano, circa 550 milioni di anni fa.

Una classe oggi estinta, quella dei Trilobiti, è rappresentata da esemplari fossili in molte rocce marine dell'era paleozoica.

A fianco,
un fossile di trilobite

Sono tutti pluricellulari eterotrofi, dotati di tessuti e organi; possiedono un apparato digerente completo di bocca e ano.



Gli altri animali microscopici, delle pagine seguenti, hanno tutti l'aspetto vermiforme pur dotati di strutture diverse.

Sotto,
un oligochete

Si tratta di organismi privi di arti e di gusci. Spesso si muovono strisciando, talvolta grazie a setole lungo il corpo (Anellidi), oppure facendo vibrare ciglia poste sul capo (Rotiferi) o aiutandosi con prolungamenti codati (Gastrotrichi).



i crostacei

i crostacei

Classificazione

I Crostacei appartengono al phylum degli Artropodi. Nelle acque dolci frequentemente si ritrovano: i *Fillopodi*, gli *Ostracodi* e i *Copepodi*.

Diffusione

Sono organismi pluricellulari che vivono in tutte le acque dolci in profondità o in superficie. Si nutrono filtrando il plancton, setacciando i detriti, rovistando nei fondali e scivolando nella fanghiglia, costituiscono un'importante fonte di cibo per i pesci.

Al microscopio

Fra i **Fillopodi** i più comuni sono i Cladoceri che comprendono le *pulci d'acqua*. Possiedono un guscio curvato con un becco dal quale fuoriescono robuste antenne per il nuoto. Caratteristico l'occhio composito che può essere affiancato da un occhio più piccolo detto *naupliare* (*glossario*). Custodite nel guscio, in alcune specie diviso in due valve, vi sono cinque paia di sottili zampe, spesso di difficile identificazione. Alcune forme terminano con un evidente aculeo.

Gli **Ostracodi** si presentano di forma ovale con due conchiglie. All'esterno spuntano due coppie di antenne che servono per nuotare abbastanza velocemente. Nel guscio è raccolto il corpo dotato di corte zampe che fuoriescono fra le valve quando l'ostracode cammina sul fondo.



i crostacei

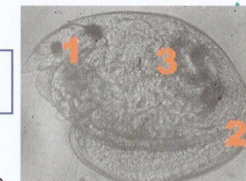
i crostacei

Caratteristiche di vita

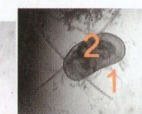
I **Fillopodi** filtrano particelle organiche in sospensione. Quando sono sul fondo possono "razzolare" utilizzando le zampe custodite nel guscio. Alcune specie sono in grado di raschiare con le zampe le alghe, altre sono predatrici e sfruttano due potenti mandibole per catturare le prede. In queste ultime forme le zampe sono molto più sviluppate ed articolate.



Un fillopode con due occhi (1) e guscio bivalente (2). Si noti l'apparato digerente ricurvo.



Gli **Ostracodi** hanno i due gusci calcarei tenuti insieme da un muscolo. Si tratta soprattutto di organismi "spazzini" del fondale che si cibano di detriti oppure di raschiano di alghe o fagocitano batteri e diatomee. Sono molto resistenti a situazioni di siccità e possono sopravvivere negli stagni disseccati per lungo tempo.



Un ostracode si muove utilizzando le zampe (1). All'interno si scorge l'apparato intestinale avvolto (2)

Gli Ostracodi in geologia

Esistono più di 10.000 specie fossili di Ostracodi, molto utili per la datazioni degli strati rocciosi. Quando si scavano pozzi petroliferi sono proprio le diverse forme di ostracodi ad aiutare i geologi nel distinguere i diversi livelli rocciosi attraversati dalla trivella.

i crostacei i crostacei

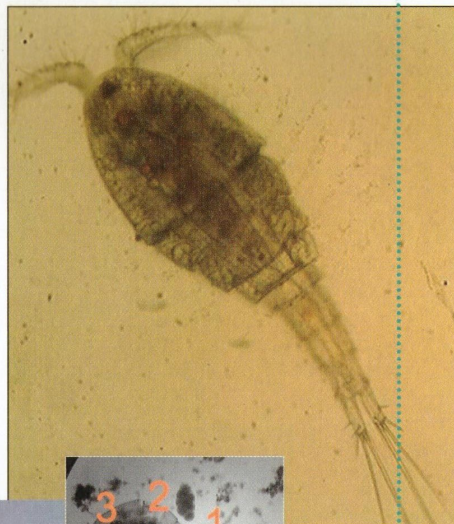
I Copepodi

Al microscopio

Individui allungati a "clava" suddivisi in cefalotorace e addome.

I segmenti del capo e del torace sono saldati insieme, mentre l'addome presenta 5 segmenti ben distinguibili. Le lunghe antenne sul capo vengono spesso avvicinate al corpo per dirigere lo slancio in avanti.

La coda è provvista di lunghe setole suddivise in due ciuffi.



Caratteristiche di vita

Sono tutti predatori e possono arrivare a catturare piccole larve di insetti e piccoli vermi che vengono masticati con robuste mandibole. La femmina spesso porta grappoli di uova (1) attaccate all'addome (2).

Sul capo si scorge un solo occhio fotosensibile in grado di dirigere l'organismo verso le fonti di luce. Le zampe sono dotate di setole che si mettono in movimento per il nuoto (4). Le specie d'acqua salata prevalgono su quelle d'acqua dolce.

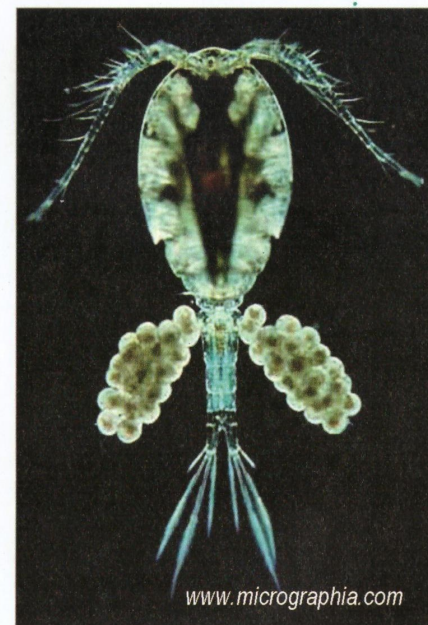
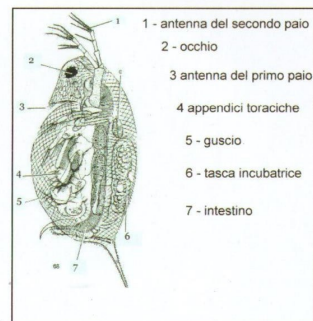
i crostacei i crostacei



In alto, un copepode dall'interno colorato. Si noti, nella foto ingrandita, l'assenza delle antenne. L'individuo è in forma immatura (stadio naupliare) in cui il corpo si trasforma per mute nell'individuo adulto.

A fianco, un copepode femmina con ricettacoli delle uova ben evidenti.

In basso, schema di una pulce d'acqua



gli anellidi gli anellidi



Classificazione

Sono i vermi più evoluti e costituiscono un *phylum*. Gli Oligocheti sono gli Anellidi più abbondanti, ad essi appartiene anche il comune *lombrico di terra*.

Diffusione: fondali fangosi o sabbiosi in acque stagnanti e correnti, anche inquinate.

Al microscopio

Il corpo degli Anellidi è cilindrico ed ha più segmenti, spesso contrassegnati da setole (1). La parte encefalica è bombata, mentre quella anale è più sottile.

Individui molto trasparenti alla luce del microscopio, tanto che il tubo digerente è visibile nei dettagli (2). Alcune specie avanzano grazie al movimento di setole a ciuffi poste sul capo. Alcuni individui presentano occhi semplici.

Caratteristiche di vita

Sono dei "succhiatori" e assorbono tutto ciò che passa loro davanti: batteri, protozoi, alghe e detriti vari. Hanno un metabolismo (*glossario*) che permette loro di accumulare sostanze energetiche e possiedono un raffinato sistema escretore che fuoriesce in corrispondenza di ciascun segmento o *metamero*.

Un corpo con camera d'aria

Il corpo degli Anellini contiene una cavità che assomiglia ad una camera d'aria di bicicletta detta *celoma*. Questa cavità contiene un fluido in pressione e garantisce al verme di muoversi in modo scattante e di mantenersi teso.

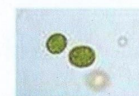


gli anellidi gli anellidi



A fianco, un oligochete con occhi ben visibili.

Sotto, un anellide ha appena fagocitato piccole alghe verdi, come quelle della foto piccola.



Sopra, la bocca di un anellide nel momento della nutrizione su una massa algale.

A sinistra, un anellide si nutre di alghe e ciliati.



i rotiferi i rotiferi



Classificazione: da sole queste forme rappresentano un *phylum* autonomo.

Diffusione: sono piccoli animali pluricellulari che vivono prevalentemente nelle acque dolci. Infatti, solo il 3% delle duemila specie conosciute abita nel mare.

Al microscopio

Sono formati da tre parti principali:

- testa con ciglia e bocca (1),
- tronco dotato di apparato digerente (2)
- piede per attaccarsi alle superfici (3).



Inconfondibili le ciglia (1) poste a corona nella parte anteriore che creano un vortice per convogliare il cibo alla bocca.

La bocca (*mastax*) è un vero organo trituratore.

La loro lunghezza può variare dai 40 μm ai 3 mm. Possiedono già un buon sistema nervoso che mette in comunicazione la testa con il piede coordinando i movimenti.

Caratteristiche di vita

Vivono come predatori o parassiti.

I Rotiferi *pescatori* possono vivere in tutti i tipi di acque, dai laghi più profondi alle più piccole pozze d'acqua.

Si ritrovano anche fra i muschi e ciuffi d'erba.

La loro vita è molto breve, infatti, vivono una sola settimana e la grandezza ed il numero di cellule rimangono invariati dalla nascita.



gastrotrichi gastrotrichi



Classificazione

I Gastrotrichi non fanno più parte dei vermi Nematelmini, ma vengono classificati da soli in un *phylum* a parte.

Diffusione: acque stagnanti come pantani e pozzanghere. Frequenti fra le piante acquatiche.

Al microscopio

Questi piccoli organismi pluricellulari sono lunghi da qualche decina di micron fino a due millimetri.

Si muovono velocemente e sono provvisti di un "piede" bifido (1).

Il corpo è cosparso di setole che sul capo si concentrano in più ciuffi. Spesso è visibile l'intestino che termina con un ano (2).

Caratteristiche di vita

Si cibano di batteri, detriti, ciliati, diatomee, alghe e flagellati che vengono risucchiati verso l'apertura boccale. I ciuffi encefalici (3) servono come organi tattili.

Quasi tutte le specie possiedono ghiandole che secernono una sorta di colla che fissa l'animale al substrato.

Sono dotati di una massa encefalica collegata a cordoni nervosi che corrono nel senso della lunghezza.



Un gastrotrico nuota vicino ad un ammasso di detrito

i nematodi

i nematodi

Classificazione

Anche questi vermi sono raggruppati in un phylum a parte, mentre un tempo si trovavano insieme a Gastrotrichi e Rotiferi.

Contrariamente agli Anellidi, il loro aspetto non è marcatamente segmentato. Si dicono anche "vermi cilindrici".

Diffusione

I Nematodi vivono nell'acqua, sia dolce che salmastra, e si trovano principal-

Un suggerimento

Per meglio osservare al microscopio i Nematodi si può scaldare velocemente il vetrino portaoggetti sul quale è già stato posto il campione.

Dopo pochi minuti i vermi si riprenderanno ma nel frattempo li avremo potuti osservare attentamente. (da H. Streble, D. Krauter: *Atlante dei microrganismi acquatici*)

Al microscopio

Non è facile osservare questi organismi al microscopio perché serpeggiano in continuazione con un movimento a frusta. L'interno lascia intravedere l'apparato digerente. La testa e la coda terminano a punta, contrariamente agli Anellidi ove il capo è solitamente più tozzo o arrotondato.

Molto difficile è risalire alle singole specie.

Per distinguerli dagli Anellidi bisogna apprezzarne la sinuosità del corpo.

Caratteristiche di vita

I Nematodi, come i serpenti, fanno la "muta": cambiano pelle quattro volte nel corso della loro vita.

La loro bocca è caratterizzata dalla presenza di 3 o 4 labbra utilizzate per aspirare, prendere e raspare; dalla parte opposta si apre l'ano per l'escrezione. Esiste una cavità interna piena di liquidi in pressione che garantisce ai Nematodi di rimanere elastici. Molte specie sono parassite, quelle consumatrici si cibano di detriti, alghe o piccole prede. Tramite il risucchio, esercitato dalla bocca, sono in grado di ingurgitare tutto ciò che passa loro davanti.



glossario

glossario

AUTOTROFO: organismo in grado di nutrirsi da solo sintetizzando molecole organiche composte a partire da molecole inorganiche semplici.

BENTONICO: organismo che vive sul fondo e si muove camminando, strisciando o infossandosi.

CITOSTOMA: cavità cellulare nella quale vengono inglobate le particelle alimentari di cui l'organismo si nutre.

ETEROTROFO: organismo che per vivere deve nutrirsi di molecole organiche complesse tratte da altri organismi che possono essere sia autotrofi sia altri eterotrofi.

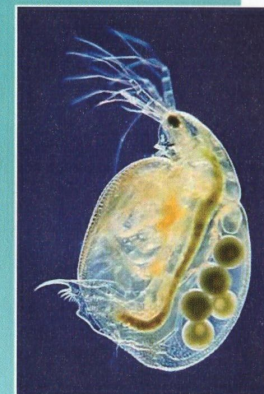
METABOLISMO: è l'insieme delle reazioni chimiche complesse che avvengono in tutte le cellule.

NAUPLIARE: stadio giovanile della maggior parte dei crostacei. Le nauplie sono forme dotate di un occhio semplice e di tre paia di arti che da adulto si trasformeranno in antenne e mandibole del capo.

OSMOSI: è il movimento delle molecole d'acqua che attraversano la membrana cellulare.

L'acqua tende a spostarsi da una regione con minore concentrazione di soluti (ipotonica) ad una con maggiore concentrazione (ipertonica) per raggiungere un equilibrio detto dinamico.

Alcuni organismi sono ipertonici rispetto all'ambiente in cui vivono: per questo l'acqua tenderebbe a entrare diluendo troppo il contenuto del citosol e facendo morire la cellula. Il rimedio è proprio il vacuolo contrattile che raccoglie quest'acqua e la pompa fuori (es. i parameci).



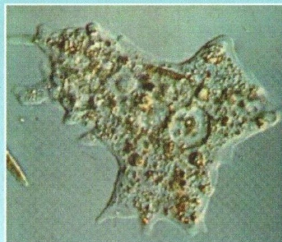
glossario

glossario

PINOCITOSI: è l'atto di "bere" della cellula. La membrana cellulare si ripiega all'interno immagazzinando l'acqua necessaria che viene introdotta nel citosol.

PLANCTONICO: organismo che può essere in grado di muoversi indipendentemente, ma comunque è sempre in balia delle correnti per via delle piccole dimensioni.

PSEUDOPODI: sono delle estensioni del citoplasma che permettono all'organismo di muoversi o di catturare le prede; caratteristici delle amebe.



SIMBIOSI: è la combinazione di più organismi differenti che, stando uniti, riescono a vivere in condizioni migliori traendo vantaggio l'uno dall'altro in modo reciproco.

referimenti

referimenti

BIBLIOGRAFIA

H. Streble, D. Krauter: *Atlante dei microrganismi acquatici*, Franco Muzzio Editore ~ ed. 2002

E. Curtis, N.S. Barnes: *Invito alla biologia - Volume C*, Zanichelli editore ~ ed. 2003

I. Fantei, F. Strumia, S. Soprani: *Microbiologia e depurazione*, Prodeco S.p.A. ~ ed. 1989

W. Matthey E. Della Santa, C. Wannenmaker: *Guida pratica all'Ecologia*, Zanichelli Editore ~ 1987

SITI WEB consultati

<http://www.funsci.com>

<http://www.micrographia.com>

<http://www.microthele.it>

Finito di stampare dalla Litografia Viscardi — Alessandria
nel mese di febbraio 2009 su carta riciclata al 100%
che ha ottenuto il marchio di qualità ecologia Ecolabel Europeo;
prodotto da cartiere registrate secondo il sistema comunitario di
ecogestione ed audit EMAS



