

Sezione Soci Coop Valdinievole

Gruppo Donatori di Sangue "Fratres"

Gruppo Amici del Microscopio

Viaggio nel Microcosmo

(Introduzione all'uso del microscopio)



Il presente volume è stato stampato in occasione della mostra:

Viaggio nel microcosmo

Organizzata da Sezione Soci Coop-Valdinievole e dalla Sezione Amici del Microscopio del Gruppo Donatori di Sangue “Fratres” di Pieve a Nievole (Pistoia).

Hanno collaborato:

Renzo Grassi

] per i disegni

Marilena Ferri Ghironi

Piero Lavoratti

- per il lavoro di digitalizzazione delle foto

Franco Canepari

Piero Lavoratti

Mauro Giovannini

Guido Guidotti

] per i testi

Claudio Frangioni

Michela Fioriti

Bruno Mori

Massimo Cappelli

Marika Morosi di

Icona Studio - Quarrata

Antonio Iglio

Gabriele Romani

Sergio Lavoratti

Le foto dei protozoi e delle alghe sono della Sezione Amici del Microscopio del Gruppo Donatori di Sangue “Fratres” Pieve a Nievole (Pistoia).

Si ringraziano per la preziosa collaborazione i signori Massimo Ciuffardi e Silvano Bignardi della Ditta Exacta+Optech Alessandrini - San Prospero (Modena), per aver messo a disposizione i loro microscopi.

Si ringraziano il Prof. Moreno Bondi, ordinario di microbiologia, la Prof.ssa Renata Bortolani, ordinario di virologia Università di Modena e Reggio E. e la Dott.ssa Paola Pietrosevoli del servizio di virologia al Policlinico di Modena, per aver messo a disposizione le immagini relative ai batteri e ai virus.

Le foto di copertina e a corredo del capitolo sulla cellula vegetale sono di Bruno Mori, tecnico di microscopia all'Università di Firenze.

Copyright Unicoop Firenze – Gruppo Donatori di Sangue “Fratres” Pieve a Nievole.

SOMMARIO

Il padre della microscopia: Anton van Leeuwenhoek	4
Il microscopio	14
L'acquisto di un microscopio	20
L'unità di misura del microscopista	21
L'acqua	22
Dove prelevare l'acqua	24
Come prelevare l'acqua	26
Le colture a casa	28
Per arricchire le colture	30
Gli infusi	31
Come si prepara un vetrino con una goccia d'acqua	32
Un ciliato predatore	35
L'osservazione di una goccia d'acqua	36
I protozoi	39
Il paramecio	41
Le amebe	45
Le tecamebe	48
Gli eliozoi	50
Il coleps	52
Lo stentor	53
La vorticella	54
Lo spirostomum	55
Microrganismi pluricellulari	56
Anellidi	57
Copepodi	58
Nematodi	59
Ostracodi	61
I rotiferi	62
Il tardigrado	66
I turbellari	68
La cellula vegetale	71
La divisione della cellula vegetale	74
Piante che nuotano	75
L'euglena	77
Le diatomee	79
Le coniugatoficee	80
I batteri	81
Batteri buoni e batteri cattivi	85
I virus	87
La macro e microfotografia	88
Bibliografia ragionata	93
Siti internet consigliati	96

IL PADRE DELLA MICROSCOPIA: ANTON VAN LEEUWENHOEK

Gli anni a cavallo tra il XVI e il XVII secolo furono testimoni di una straordinaria rivoluzione. Uomini come Copernico, Galilei e Keplero gettarono le basi della scienza moderna, trasformando in maniera radicale il pensiero scientifico. Non più la supina accettazione dei dogmi aristotelici immutati da secoli, ma l'osservazione e la sperimentazione alla base dell'indagine sul mondo che ci circonda.

Un contributo insostituibile venne anche dalla tecnica. E', infatti, di quell'epoca l'invenzione di due strumenti, il telescopio e il microscopio, che ampliarono in maniera straordinaria le capacità dell'occhio umano.

Alla fine del 1500, l'Olanda era famosa per la capacità di lavorare le lenti dei suoi maestri occhialai e fu qui che vide la luce il primo e vero microscopio. Hans e Zacharias Janssen, esperti molatori, sapevano da tempo, che un vetro opportunamente lavorato permetteva di ingrandire di alcune volte un oggetto osservato attraverso di esso. Combinando tra loro diversi tipi lenti, scoprirono che questa capacità d'ingrandimento poteva essere ulteriormente amplificata, ottenendo, al tempo stesso, un miglioramento nella definizione dell'immagine. Avevano inventato il microscopio.

Il loro primo strumento aveva una capacità di trenta ingrandimenti e permetteva di vedere bene cose che l'occhio umano riusciva a distinguere solo in maniera molto confusa. Ma le capacità di questa nuova invenzione non furono comprese appieno ed esso rimase poco più che una curiosità.

L'uomo che avrebbe compreso e utilizzato le prerogative del microscopio nacque a Delft nel 1632.

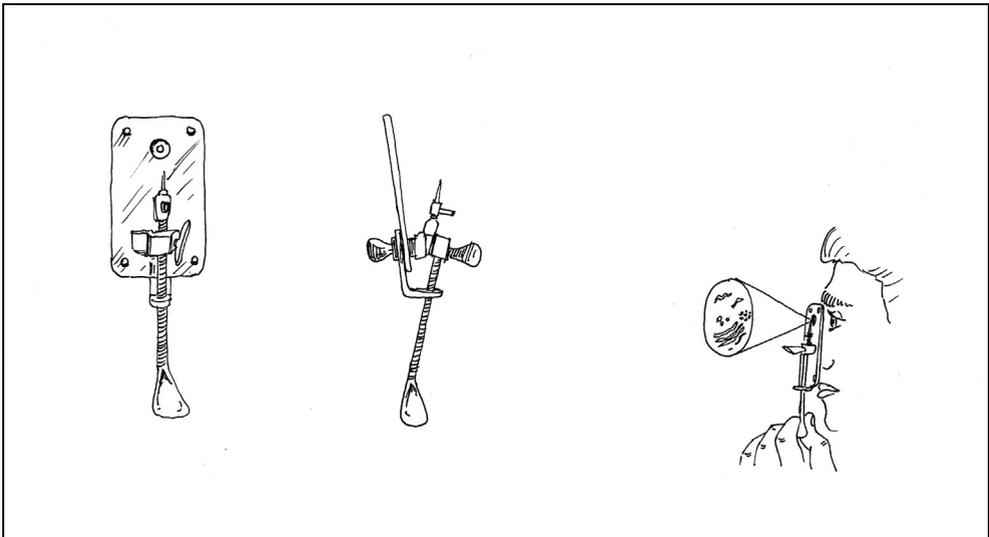
La cittadina sorgeva tra gli azzurri mulini a vento della campagna olandese, i bassi canali, le distese di trifoglio. Qui, in una famiglia d'agiati borghesi, vide la luce Anton van Leeuwenhoek.

In giovane età cominciò a frequentare i banchi di scuola, all'epoca un privilegio riservato a ben pochi.

La prematura morte del padre lo ridusse ad abbandonare gli studi per lavorare, come apprendista, presso un commerciante d'ombrelli e stoffe di una città vicina. Ben presto divenne esperto in questa attività, tanto che, a vent'anni, abbandonò il lavoro dipendente, prese moglie ed aprì una bottega di stoffe, per conto suo, nella città natale di Delft.

Le cronache sono avare di notizie sulla vita di Leeuwenhoek, in quegli anni. Gli affari dovevano andare bene, l'uomo conquistò la stima dei suoi concittadini, tanto da poter ricoprire cariche pubbliche in municipio. Rimasto vedovo, convolò a nuove nozze. Dal

secondo matrimonio ebbe numerosi figli, molti dei quali morirono giovanissimi. A quanto si sa, Anton non doveva essere un uomo di cultura; si afferma che la sua biblioteca personale fosse composta di un solo volume: una bibbia. L'unica lingua da lui conosciuta, l'olandese. E tuttavia, egli era tutt'altro che sciocco. Disponeva di una vivacissima curiosità per tutto ciò che lo circondava, ma in particolare lo affascinarono le meraviglie del mondo dell'ottica. La sua attenzione si soffermò sulla capacità di alcuni vetri, opportunamente molati, di mostrare le cose assai più grandi che non ad occhio nudo. Così, cominciò ad osservare tutto ciò che gli capitava a portata di mano e la sua curiosità e meraviglia crescevano di giorno in giorno. Ma Leeuwenhoek era al tempo stesso un uomo testardo, sospettoso ed esigente. Le lenti che comprava non lo soddisfacevano in pieno; così prese a frequentare i laboratori artigiani degli occhialai della sua città e, ben presto acquisì la capacità di molare le lenti.



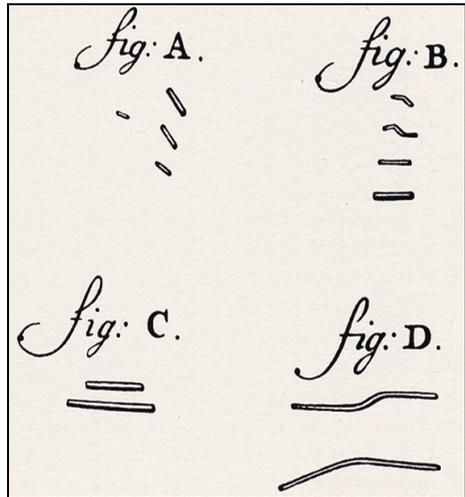
Uno dei microscopi di Leeuwenhoek.

Da persona pedante e pignola qual era, decise che le sue lenti dovevano essere di qualità tale da superare quelle dei suoi maestri. In breve, i vetri prodotti nel suo piccolo laboratorio di dilettante divennero i migliori, i più precisi e perfetti lavorati in Olanda. Mai si erano viste delle lenti forgiate in maniera così straordinaria. Riuscì a costruirne con un diametro di appena tre millimetri. Disponendo, finalmente, della qualità cui aspirava, riprese ad osservare quanto lo incuriosiva, dalle foglie delle piante ai peli degli animali, dalle sezioni di legno alle ali degli insetti.

Venuto a conoscenza del curioso strumento inventato dai suoi connazionali Hans e Zacharias Janssen, volle costruirne uno egli stesso e grande fu la gioia quando scoprì che

la sua nuova creatura era ben più potente e precisa delle sue, pur perfette, lenti d'ingrandimento.

Le nuove ricerche lo assorbirono ancora di più. Incurante della decisione dei vicini che consideravano perlomeno stravagante la sua passione, intensificò le proprie indagini.



Leeuwenhoek in un ritratto di Johannes Verkolje (Rijksmuseum). Disegni di batteri da lui trovati nel tartaro della sua bocca nel 1692.

Sezionò la testa di una mosca e, estrattone il cervello, lo fissò sulla punta di uno spillo per esaminarne la struttura.

Studiò l'occhio di un bue per capirne la struttura, dedicò la sua attenzione agli insetti, a sezioni di legno e a quanto altro attirava la sua curiosità.

Comprese che le sue osservazioni avrebbero avuto valore solo se le avesse fissate sulla carta. Prese, perciò, l'abitudine di mettere per iscritto e disegnare ciò che vedeva, ma solo dopo aver raggiunto la certezza di non aver commesso errori.

Applicava la sua indole pignola e perfezionista anche a se stesso.

Sosteneva che anche il più esercitato degli osservatori sarebbe potuto cadere in errore, quindi ricontrollava più volte i suoi preparati prima di tirare le conclusioni.

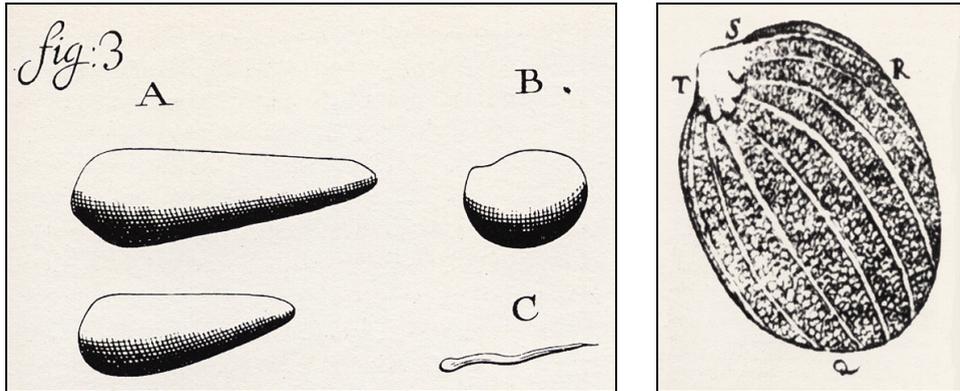
A molti la sua attività era incomprensibile. Una delle caratteristiche peculiari degli ignoranti è fare dell'ironia sulle cose che non riescono a spiegarsi e ridere di ciò che, invece, dovrebbero almeno cercare di conoscere. Le loro vittime preferite sono coloro i quali antepongono le cose serie alle facezie, la conoscenza alla perdita del tempo in ozio inconcludente.

Gli incolti di Delft non furono da meno e Leeuwenhoek divenne oggetto dei loro lazzi.

Ma il grande ricercatore non se ne preoccupò più di tanto, continuando ad andare per la sua strada.

“Io non scrivo, osservo e lavoro per i miei cittadini incolti, ma per rendere un servizio alla scienza”.

E così per molti anni lavorò in silenzio, ora deriso, ora ignorato dai suoi concittadini. Doveva, però, venire il giorno in cui Anton si sarebbe presa la rivincita sui suoi denigratori.



**A sinistra: disegni di microrganismi osservati nelle feci di una rana, nel 1683.
A destra: un ciliato da lui disegnato, 1702-1703.**

All'inizio del XVII secolo la scienza moderna, grazie soprattutto al metodo sperimentale introdotto da Galileo, stava facendo passi da gigante. L'opposizione conservatrice della Chiesa non poteva negare, agli occhi delle menti più aperte, le evidenze scientifiche che si accumulavano di giorno in giorno. Il dogmatismo aristotelico cominciava a perdere terreno e un nuovo modo di pensare la natura e il mondo si andava affermando.

Alcuni cultori delle nuove scienze sentirono il bisogno di creare un luogo dove incontrarsi, discutere, scambiarsi le nuove scoperte, cercando il modo più idoneo per trasmetterle agli altri, riducendo lo spazio al più ottuso conservatorismo e alla superstizione.

Nel 1603, a Roma, il marchese Federico Cesi fondò una società scientifica che chiamò Accademia dei Lincei. I membri che vi appartenevano dovevano essere acuti nell'osservazione, rapidi a ragionare, pronti a stimolare ed aiutare i più intellettualmente deboli. Lo stesso Galileo fu presto invitato a farne parte.

Mezzo secolo più tardi, in Firenze, ebbe breve ma gloriosa vita l'Accademia del Cimento.

L'Italia del tempo, patria d'origine del Rinascimento artistico, scientifico ed intellettuale, era guardata con ammirazione dagli altri popoli europei e l'Inghilterra ne seguì l'esempio.

Nella prima metà del '600, alcuni "ribelli" della scienza, stanchi di dover accettare come oro colato ciò che aveva scritto Aristotele o era imposto dal clero, avevano costituito una società

scientifico che era stata battezzata "Il Collegio Invisibile". E tale doveva, di fatto, essere se non si voleva che i suoi membri facessero la fine di Giordano Bruno. Al pari di Galileo, la nuova organizzazione propugnava l'osservazione e il metodo sperimentale come unici mezzi atti a scoprire la reale essenza dei fenomeni naturali.

Quando Carlo II salì al trono d'Inghilterra, fece sì che il Collegio Invisibile uscisse dalla clandestinità, per assumere un ruolo di dignità e rispettabilità.

Nacque, così, nel 1662 la Royal Society; essa avrebbe rappresentato, per decenni, quel qualificato interlocutore che Leeuwenhoek cercava.

Attraverso di essa, il grande olandese avrebbe fatto conoscere a tutto il mondo le sue strabilianti scoperte e l'indagine microscopica si sarebbe elevata al ruolo di regina delle scienze biologiche.

Un concittadino di Leeuwenhoek, Regnier de Graaf, già molto noto per i suoi studi sulle ovaie umane, si era presto iscritto alla Royal Society con la quale intratteneva un rapporto regolare di corrispondenza.

Venuto a conoscenza delle ricerche del suo paesano, si recò a casa di Anton chiedendogli di poter guardare attraverso le lenti dei suoi microscopi.

Ciò che vide lo lasciò sbalordito; mai avrebbe pensato di trovarsi davanti a così tante meraviglie.

Senza indugio, scrisse alla Royal Society invitandola a chiedere a Leeuwenhoek di rendere pubbliche le sue scoperte.

Felice di aver trovato un pubblico interessato al suo lavoro, lo scienziato accolse con piacere il sollecito che veniva da uno dei più importanti consessi scientifici del tempo.

Egli non era, però, un ricercatore di professione e ignorava le consuetudini degli ambienti scientifici. Inoltre, conosceva solo la lingua della sua patria. Ciò, tuttavia, non lo scoraggiò.

Prese carta e penna e stese una lunga lettera sulle sue scoperte che intitolò: "Relazione intorno ad alcune osservazioni fatte dal signor Leeuwenhoek, col microscopio da lui stesso costruito, sulla sporczia della pelle, sulla carne, sul pungiglione delle api ecc. ecc."

Inizialmente, quando la lettera fu letta alla Royal Society, suscitò un moto di compatimento, per la semplicità della forma ed il modo in cui le cose erano presentate, ma ben presto le cose straordinarie che vi erano descritte fecero dimenticare le ingenuità dello scritto.

L'interesse degli illustri membri della Society salì alle stelle e, nella lettera di ringraziamento che seguì, Leeuwenhoek fu invitato ad inviare delle regolari comunicazioni sulle sue ricerche. Anton accolse l'invito e per ben mezzo secolo inviò due corrispondenze l'anno.

Esse costituiscono una pietra miliare nella storia della microscopia.

Al momento della sua prima comunicazione scientifica, Leeuwenhoek non aveva, però, ancora fatto il passo più importante, quello che gli avrebbe schiuso le porte di un nuovo, inimmaginabile e straordinario mondo, che gli avrebbe dato fama imperitura.

Mise sotto le lenti del suo microscopio una goccia d'acqua e ciò che vide fu il più strano ed inaspettato degli spettacoli. Perché, in definitiva, che cosa c'era da aspettarsi che ci fosse in una piccola quantità di questo liquido, se non qualche granello di polvere come impurità? Ed invece, quell'umile goccia risultò brulicante di vita; decine di piccoli animali, mai visti prima da alcuno, nuotavano di qua e di là come pesci in uno stagno. Ve n'erano di tantissime specie diverse tra loro e le forme avevano dell'incredibile! In nulla assomigliavano agli animali che popolavano il mondo normale di Leeuwenhoek. Senza occhi, senza gambe, senza pinne, eppure perfettamente a loro agio a muoversi in quel piccolo mondo acquatico. Per la prima volta nella storia della scienza, occhi umani avevano visto i protozoi. Un nuovo oceano di conoscenza si aggiungeva alla zoologia. Milioni di miliardi di nuovi piccoli esseri dovevano essere aggiunti alla popolazione della Terra. In un colpo solo, le specie conosciute crescevano di alcune decine, nel corso del tempo ne sarebbero state scoperte e classificate diverse decine di migliaia.

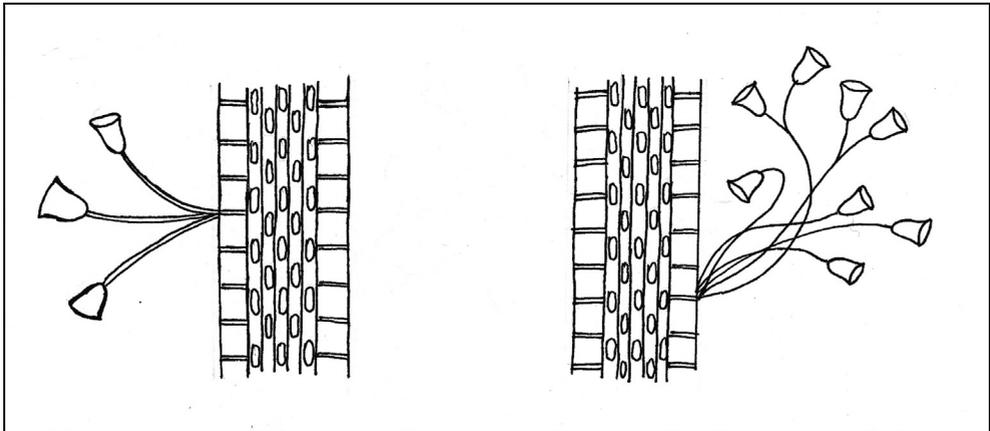
E' facile immaginare lo stupore dello scienziato di fronte al nuovo mondo che andava scoprendo e si rivelava ben più sorprendente delle cose, già straordinarie, che aveva osservato fino allora.

Certo, si sarà messo a gridare, avrà chiamato subito i suoi familiari per mostrare loro la nuova scoperta.

Dopo i primi entusiasmi, lo spirito dello scienziato riprese il sopravvento su di lui. Intensificò le osservazioni; pignolo com'era, voleva avere conferma di ciò che aveva visto. Ed il suo quaderno si riempiva d'appunti.

Era consapevole di avere davanti a sé dei veri animali, esseri che nascono, crescono, mangiano, si riproducono, si muovono e muoiono come i cani, i gatti, i pesci e gli esotici abitanti delle savane africane che egli conosceva solo attraverso qualche illustrazione di un libro. Solo che i suoi pupilli erano enormemente piccoli, invisibili ad occhio nudo.

Non avendo un'unità di misura applicabile a questi microrganismi, nei suoi scritti ricorse ad un termine di paragone: "Questi piccoli animali sono mille volte più piccoli all'occhio di un pidocchio adulto". Naturalmente cominciò a raccogliere campioni d'acqua ovunque potesse e sempre ritrovò i suoi piccoli abitanti, fino a che pensò di osservare l'acqua piovana.



Vorticelle ridisegnate da un originale di Leeuwenhoek.

Ne raccolse una ciotola di porcellana e, con sua gran meraviglia, vide che essa era perfettamente pura, non vi era nessuno degli organismi così frequenti in tutti gli altri raccolti. Conservò, però, l'acqua pura, lasciandola esposta all'aria ed ecco che, alcuni giorni dopo, anch'essa cominciò ad ospitare qualche piccolo protozoo.

Leeuwenhoek si trovò, così, davanti ad un enigma che avrebbe appassionato gli scienziati per oltre due secoli. Da dove viene la vita? Si forma per generazione spontanea o può avere origine solo da ciò che è già vivo?

Francesco Redi aveva dimostrato, con alcuni esperimenti rimasti celebri, che gli organismi viventi non nascono dal nulla, ma sono generati da altri viventi. Malgrado ciò, gli scienziati rimasero dubbiosi ed il dibattito era ancora in corso nella seconda metà dell'Ottocento e vide coinvolto anche il grande Luigi Pasteur.

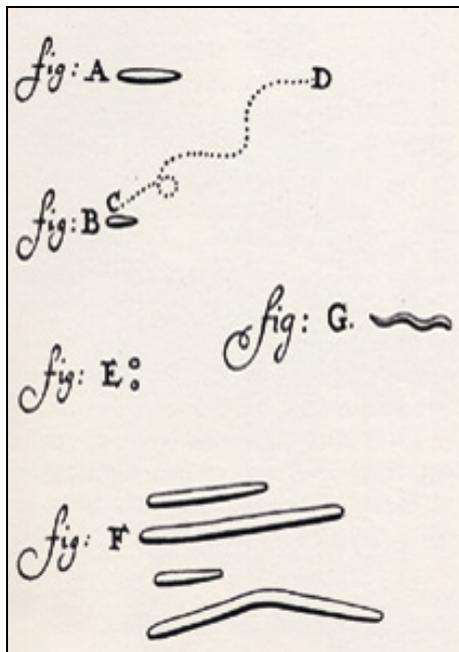
Nonostante i dubbi, le ricerche di Anton continuavano.

Un giorno, volle togliersi la curiosità di vedere perché il pepe dà un sapore piccante ai cibi. Era forse costituito di microscopiche particelle aguzze? Provò a ridurne un chicco in polvere per poterlo esaminare, ma non riuscì a farne un granello sufficientemente piccolo; decise, allora, di farlo sciogliere nell'acqua per una settimana.

Quando, finalmente, prese un po' di liquido e lo mise sotto il suo microscopio, vide che la goccia d'acqua brulicava, letteralmente, di centinaia di piccolissimi animali: il pepe aveva favorito il loro sviluppo. Leeuwenhoek aveva trovato un modo semplice ed economico per far riprodurre questi minuscoli esseri.

Comunicò il risultato alla Royal Society, la quale dette a Robert Hook e Nehemia Grew di costruire dei buoni microscopi, al fine di ripetere l'esperimento con un infuso di pepe nero finissimo. L'esperienza di Leeuwenhoek fu confermata puntualmente: il 15 novembre 1677,

Hook si presentò nella sede della Society e tutti i membri del sodalizio poterono osservare le nuove e strane creature scoperte dall'olandese.



I piccoli corpi (*Minute bodies*) disegnati al microscopio da Robert Hooke nel 1665. A destra: batteri disegnati da Leeuwenhoek nel 1683.

L'interesse suscitato fu enorme e accrebbe la già ampia popolarità dello scienziato che, poco tempo dopo, fu eletto membro della Royal Society. Essa avrebbe continuato a ricevere le sue relazioni fino al momento della morte, sopraggiunta a novant'anni.

Come si può immaginare, tutti erano interessati a conoscere i microscopi che così tante clamorose scoperte avevano permesso, ma Anton era gelosissimo, sia degli strumenti che delle sue tecniche di lavorazione.

Al più, era disponibile a permettere qualche osservazione, naturalmente sotto il suo controllo, ma niente di più. Non mostrava i suoi segreti neppure ai membri della propria famiglia.

La Royal Society pensò di ottenere qualche concessione mandando in Olanda un suo incaricato, il dottor Molyneux, con l'autorizzazione ad offrire una cospicua somma di denaro per un esemplare di microscopio, uno delle varie decine, forse un centinaio, in possesso dal ricercatore olandese. Questi fu ben lieto di suscitare la meraviglia del dottor Molyneux, ma di cedere lo strumento, neanche a parlarne.

I piccoli animali scoperti da Leeuwenhoek sono diffusissimi; popolano le acque dei fiumi, dei laghi, degli stagni e si possono trovare anche nelle pozze d'acqua lasciate dalla pioggia o nel liquido che ristagna nei sottovasi delle piante domestiche. Dove c'è acqua, soprattutto se ferma, stagnante, loro ci sono. Anche una minima quantità può ospitarne decine.

La curiosità dello scienziato di Delft non si esauriva mai. Ogni luogo ed ogni cosa erano oggetto delle sue indagini. Così, un giorno, dopo essersi lavato i denti com'era solito fare, notò una strana sostanza bianca che si era formata tra un incisivo e l'altro, il tartaro.

Con una punta di metallo, ne staccò un frammento che immerse in una piccola quantità d'acqua pura. Dopo qualche tempo, osservò una goccia di mistura; ancora una volta si trovò davanti a qualcosa di sorprendente: l'acqua seminata con il tartaro della sua bocca era piena di organismi incredibilmente piccoli.

Alcuni a forma di bastoncino, altri a spirale ed altri ancora curvi come una virgola. Mentre qualcuno rimaneva immobile, altri scorrazzavano veloci, guizzanti come pesci, nella minuscola goccia d'acqua. Leeuwenhoek aveva scoperto i batteri, i più piccoli organismi viventi che la natura abbia creato; i più piccoli ed i più numerosi al mondo. Oggi sappiamo che i batteri svolgono un ruolo importantissimo nell'ecosistema e, anche se alcuni possono provocare terribili malattie, gli altri sono alla base di processi che consentono la vita sul nostro pianeta.

I microscopi del grande olandese erano molto curati nella lavorazione, ma in ogni caso molto primitivi e costituiti da una sola lente, una cosa ben diversa dagli strumenti moderni, composti di più lenti. Sembra incredibile, perciò, che il ricercatore sia riuscito ad osservare organismi difficili da guardare anche con strumenti assai più complessi. Eppure non ci sono dubbi, Leeuwenhoek lasciò dei disegni accurati anche dei batteri, prova indiscutibile della sua scoperta.

Malgrado ciò, alcuni critici moderni continuavano a nutrire dei dubbi, sia sul ricercatore di Delft sia su altri osservatori venuti dopo di lui.

Alla fine degli anni '90 un biologo inglese, Brian J. Ford, decise di ripetere le esperienze di Leeuwenhoek ed altri utilizzando tecniche e microscopi analoghi. I risultati dei suoi esperimenti hanno tolto ogni dubbio: lo scienziato olandese vide, effettivamente, i batteri e tutto quanto egli descrisse e disegnò nelle lettere alla Royal Society. Del resto era già noto che Anton fosse molto cauto e comunicava le sue scoperte dopo aver ripetuto più volte le esperienze.

L'aver scoperto che la sua bocca era una specie di giardino zoologico di tanti minuscoli esseri viventi, lo indusse a ripetere le stesse osservazioni sulla bocca di varie specie di animali, ricavandone sempre le stesse conferme. Trovò i batteri anche negli intestini, nelle

feci, e fu il primo uomo al mondo a vedere gli spermatozoi, le cellule maschili all'origine della riproduzione umana. E fu sempre lui a vedere, per primo, i globuli rossi del sangue.

Continuando le ricerche sulla propria bocca, scoprì che in presenza di un dente ammalato, il numero dei microbi presenti era assai più elevato del solito, ve n'erano una quantità enorme. Ma, un'osservazione ripetuta dopo aver bevuto un caffè bollente gli fece scoprire che quasi tutti i batteri si erano immobilizzati e che solo pochi riuscivano ancora a muoversi. Capì, così, che un calore elevato li poteva uccidere.

Circa due secoli dopo, si scoprì che i batteri potevano essere causa di malattie, ma si potevano utilizzare come un rudimentale vaccino, inattivandoli con una dose adeguata di calore, senza ucciderli.

Con il passare degli anni, la fama di Anton van Leeuwenhoek si diffuse in tutta Europa. Ricevette la visita dell'imperatore di tutte le Russie, Pietro il grande. Anche la regina d'Inghilterra gli rese visita a Delft, per guardare nei suoi microscopi.

Ad ottantacinque anni continuava ancora nelle sue osservazioni, ma sempre si rifiutò di rivelare il segreto dei suoi metodi di lavorazione delle lenti.

Nel 1723, all'età di novantuno anni, sentendosi prossimo alla fine, convocò al suo capezzale il fedele amico Hooguliet. "Amico mio" gli disse "ti prego di tradurre in latino le due lettere che vedi sul mio tavolo e di spedirle alla Royal Society di Londra!"

In questo modo, il grande scienziato mantenne fede all'impegno che aveva sottoscritto, accettando la nomina di socio: "Vi sarò fedele fino alla morte".

Hooguliet fece quanto gli era stato chiesto e, nel mandare le ultime lettere, allegò un biglietto in cui scriveva: "Egredi signori, vi mando quest'ultimo dono del mio amico Leeuwenhoek morente, nella speranza che le sue ultime parole vi siano gradite".

Si chiudeva così l'esistenza terrena di un uomo che aveva aperto al genere umano, un nuovo, infinito orizzonte.

IL MICROSCOPIO

Il microscopio ha suscitato sempre grande interesse, sia nei bambini sia negli adulti ed è un insostituibile strumento per la medicina e la biologia. Tutti i libri riguardanti il settore della microscopia ne hanno parlato ampiamente, ma rinfrescare la memoria anche succintamente, non fa mai male a nessuno, neanche agli appassionati dell'infinitamente piccolo di cui fa parte anche il nostro gruppo "Amici del microscopio".

Naturalmente, queste righe sono rivolte proprio ai principianti, dato che non contengono parole tecniche quasi sempre incomprensibili o formule analitiche, che spesso fanno "abbassare le palpebre".

Tralasciamo il microscopio semplice che è costituito da una sola lente d'ingrandimento e passiamo subito ad illustrare il microscopio composto: simbiosi d'ottica e meccanica, all'insegna della massima precisione.

In parole semplici, è formato da un obiettivo che può contenere fino a dieci lenti che forniscono, complessivamente, una distanza focale brevissima (pochi millimetri); di un oggetto posto poco oltre il suo fuoco, dà un'immagine reale e ingrandita.

L'oculare, come l'obiettivo, è composto di più lenti, complessivamente positive, che ingrandiscono ulteriormente l'immagine fornita dall'obiettivo stesso.

Per focheggiare l'immagine si sposta, generalmente, in alto o in basso il piano di lavoro (detto comunemente piano porta-oggetti o piano traslatore), perché la distanza fra obiettivo e oculare è rigorosamente fissa in tutti i tipi di microscopio e non è possibile variarla.

L'oggetto da osservare, di solito chiamato preparato, che può essere semplicemente una goccia d'acqua prelevata da uno stagno, è posto sopra un vetrino porta-oggetto ed è a sua volta coperto da un altro vetrino, detto copri-oggetto, che ha il compito di ridurre al minimo spessore il preparato in esame. Questo vetrino, necessariamente, deve avere lo spessore di 0,17 millimetri, nell'osservazione d'oggetti in luce bianca, per non introdurre un ulteriore cromatismo nella visione delle immagini (bordi iridescenti).

I microscopi moderni sono corredati di una torretta girevole, detta anche "revolver", dove sono avvitati diversi obiettivi a lunghezza focale variabile, in genere da 10 a 100 ingrandimenti, siglati con una X dopo il numero.

Sotto al preparato da osservare è alloggiato un complesso ottico, detto condensatore, proprio perché raccoglie, attraverso uno specchietto posto a 45°, la luce emessa da una lampada alogena. Il condensatore, scorrendo su apposite guide che ne permettono la regolazione dal basso verso l'alto, concentra la luce sul preparato, rendendolo visibile per trasparenza.

Questo sistema di illuminazione viene chiamato a **campo chiaro**.

In questi strumenti, affinché si possa avere una buona visione del preparato in esame, l'occhio dell'osservatore deve coincidere con l'estrazione pupillare, che è il punto esatto, in prossimità dell'ultima lente dell'oculare, nel quale si forma l'immagine reale dell'obiettivo resa dall'oculare stesso.

Poiché l'estrazione pupillare è inversamente proporzionale al numero d'ingrandimenti dell'oculare, conviene usare oculari a forte estrazione, anche se questi hanno minori ingrandimenti; si può sempre bilanciare l'ingrandimento totale voluto, ruotando la torretta porta-obiettivi per inserirne uno con maggiori ingrandimenti.

Tutti i microscopi, da un certo livello in su, sono corredati di una torretta binoculare per osservare con entrambi gli occhi. La torretta è regolabile per la distanza interpupillare e rende la visione sicuramente più comoda, ma senza nessun effetto stereoscopico che, invece, alcuni credono di ottenere con questi tipi di microscopi. Le cose, infatti, non stanno proprio così. La luce, proveniente dall'obiettivo, è divisa in due fasci ottici uguali da uno "splitter", due prismi a 45° accoppiati formanti un cubo, per poi raggiungere ognuno il proprio oculare. In questo modo la visione è più riposante, ma ognuno dei due oculari è raggiunto dal 50% della luce totale fornita dall'obiettivo e di conseguenza, le onde luminose che raggiungono l'osservatore sono esattamente uguali a quelle di un microscopio monoculare dove si guarda con un solo occhio.

Sostituendo il condensatore con uno più specifico, si può ottenere un'immagine, così detta a **campo scuro**, dove la luce, essendo deviata lateralmente in tutte le direzioni e distribuita come un cono intorno all'ostruzione centrale del condensatore, non raggiunge l'occhio dell'osservatore e nello stesso tempo illumina i corpuscoli da esaminare con luce obliqua, quasi radente, rendendoli visibili in maniera più evidente rispetto al campo chiaro.

Sulla base delle esperienze fatte, si può affermare che questi condensatori sono di difficile uso per le comuni osservazioni e, inoltre, sono anche molto costosi. Da prove effettuate dal gruppo "Amici del microscopio", si è visto che, semplicemente spegnendo la luce sottostante al preparato e illuminando lateralmente, all'altezza del piano di lavoro, si ottiene un'illuminazione radente che permette di ottenere un campo scuro a buon mercato, senza nulla togliere ai costosi condensatori di luce, che quasi sempre rimangono chiusi nel cassetto, inutilizzati, data la sopradetta difficoltà di impiego.

L'ingrandimento reso da un microscopio, per definizione, è dato dal prodotto degli ingrandimenti dell'obiettivo per quelli dell'oculare. Per esempio, se osserviamo con un obiettivo da 40X e un oculare da 10X, vediamo l'immagine ingrandita 400X ossia quattrocento volte le dimensioni dell'oggetto osservabile ad occhio nudo.

Per adoperare alcuni obiettivi ad alto ingrandimento, è necessario porre sul preparato alcune gocce d'olio di cedro, in modo da poter osservare con la lente frontale dell'obiettivo immersa nel loro interno. Così facendo, si aumenta l'indice di rifrazione rispetto all'aria e di conseguenza anche il potere separatore.

Questo tipo d'osservazione si chiama appunto **ad immersione**.

Il microscopio ottico, pur essendo perfezionato sotto tutti i punti di vista, non può mai aumentare il suo potere separatore teorico. Senza entrare nel merito di complesse formule matematiche, si può semplicemente affermare che il potere separatore è la capacità di distinguere due punti adiacenti dell'immagine. Questa capacità è ristretta entro certi limiti a causa della diffrazione della lunghezza d'onda usata, e resta invariata anche aumentando gli ingrandimenti oltre un certo valore.

Per esempio, a conti fatti, osservando in luce bianca, si riesce a separare due punti distanti tra loro 1/3636 millimetri (0,2 millesimi di millimetro), mentre per lunghezze d'onda più corte, come la luce ultravioletta, si arriva a 1/4654 millimetri.

Volendo aumentare ulteriormente il potere separatore si devono usare lunghezze d'onda ancora più corte come appunto l'ultravioletto, che pur essendo invisibile all'occhio, è bene registrato dalle pellicole fotografiche, ottenendo così **l'ultramicroscopio**. Questo, però, richiede costosi obiettivi costruiti in quarzo ad alto indice di rifrazione, poiché la radiazione ultravioletta non è in grado di attraversare altri tipi di vetro da cui sarebbe assorbita.

Per ottenere questi risultati, occorrono strumenti d'alta classe e d'alto costo costruiti da ditte che sono all'avanguardia nel settore. Ma, anche dopo aver fatto la propria scelta e speso notevoli somme di denaro, a volte si rimane sconfortati e delusi soprattutto per la trascuratezza dei costruttori, che non curano come dovrebbero la lavorazione delle ottiche, la collimazione e la messa a punto dei vari componenti, riducendo notevolmente i valori teorici sopra citati.

Un altro tipo di microscopio, detto a **contrasto di fase**, ci permette di evidenziare le più piccole variazioni dell'indice di rifrazione del preparato osservato. Per esempio, i nostri "Amici del microscopio", osservando alcuni batteri immersi in acqua e sfruttando queste piccole variazioni di rifrazione, sono riusciti a raccogliere un alto numero di informazioni veramente utili, che non sarebbe stato possibile ottenere con le altre tecniche di osservazione. Per sfruttare appieno questo strumento, il condensatore di luce deve avere una posizione molto precisa. Infatti, grazie all'intuito di uno dei nostri amici, agendo sulla regolazione della vite di fine corsa del condensatore stesso, fino a fargli sfiorare il sotto del vetrino che supporta il preparato, è stato possibile migliorare notevolmente il contrasto di fase.

In questo tipo di strumento, subito dietro l'obiettivo, è sistemata una *lamina di fase* che è formata da un disco di vetro ottico a facce piane e parallele, sul quale è inciso un canale anulare (bassofondo) opaco alla radiazione luminosa, e un condensatore di luce con un'ostruzione sempre anulare, come la *lamina di fase*. Inserendo un determinato obiettivo scelto per l'ingrandimento voluto, affinché il sistema funzioni bene, si deve osservare con un particolare oculare, fornito a corredo, e sfruttando la regolazione trasversale del condensatore, si farà coincidere in modo preciso i due anelli sovrapponendoli. Per mantenere efficiente questo sistema a contrasto di fase, questa regolazione va ripetuta necessariamente ogni volta che si cambia obiettivo, poiché gli anelli di fase non mantengono la sovrapposizione.

Taluni osservatori trascurano questa prassi, perché noiosa o semplicemente ignorandola e lamentano, poi, che la visione in contrasto di fase differisce poco da quella in campo chiaro. Nei microscopi di questo tipo, si sfasa la lunghezza d'onda di mezzo ordine di grandezza, rispetto alla luce diffratta dal campione osservato e così si crea un'interferenza nelle zone a maggior indice di rifrazione, rendendole poco trasparenti. Di fatto, questi sfasamenti di luce che attraversano il preparato fanno variare la luminosità dell'immagine, rendendola visibile a sottili strati di qualche decina di angstrom (unità di misura della lunghezza d'onda).

Il microscopio a contrasto di fase è usato molto negli istituti di ricerca, specialmente nell'osservazione degli organismi viventi, da tutti i biologi in genere e, naturalmente, dal nostro gruppo.

Altri metodi sono disponibili oggi, come la polarizzazione o interferenza della sorgente luminosa riflessa dal preparato, ma descriverli ci ruberebbe troppo spazio.

Un altro tipo di strumento, che è molto usato anche dai nostri amici, è il microscopio ***binoculare o stereoscopico***. Esso usa un sistema di due microscopi uniti insieme che sfruttano un unico obiettivo di dimensioni ragguardevoli, rendendo la visione dell'immagine osservabile con entrambi gli occhi, quindi comoda e stereoscopica. In altre parole ci fa percepire la profondità dell'oggetto osservato, come una visione diretta ad occhio nudo, e si distacca molto dall'immagine piatta resa dagli altri tipi di microscopio.

Un altro vantaggio di questo metodo di visione è che ad ogni oculare arriva il 100% di luce, anziché il 50% come nelle torrette binoculari, e l'immagine è più brillante, ma non si possono ottenere gli stessi ingrandimenti dei normali microscopi.

Osservando in questo tipo di strumenti, ci possiamo rendere subito conto dell'elevata profondità di fuoco che possono offrire, permettendoci di vedere immagini a tre dimensioni d'interi insetti, fiori, foglie e terracci vari, e minerali di tutti i tipi, usando ingrandimenti medio-bassi.

Può essere usato ad ingrandimenti maggiori su superfici speculari per controllare la rugosità residua da assegnare al campione in esame e stabilire il grado di finitura.

Sono usati anche in metallurgia, proprio perché questo tipo di strumenti lavora in luce riflessa emessa da una sorgente esterna. In apparecchi più sofisticati, l'emissione della luce è data da una sorgente anulare coassiale all'obiettivo, che permette una più precisa valutazione della qualità del campione in esame. Naturalmente, con tutti i tipi di microscopio si possono riprendere immagini con fotocamere tradizionali oppure acquisirne con camere digitali, dove la pellicola è sostituita dagli ormai comuni CCD. Si possono, inoltre, ottenere filmati registrati su cassetta o visualizzati su un televisore con telecamere analogiche o digitali; addirittura, direttamente sul monitor del proprio computer, utilizzando le semplici ed economiche web-cam.

Per la ripresa di foto, il sistema più facile e semplice è quello eseguito in afocale, come già sperimentato a lungo dal nostro gruppo "dell'infinitamente piccolo". In questo caso, sia il microscopio che la macchina fotografica sono complete delle loro ottiche. Una volta foceggiato il microscopio, regolata la macchina fotografica per il fuoco all'infinito e il diaframma a piena apertura, basta appoggiare l'obiettivo della fotocamera all'anello di gomma dell'oculare, inquadrare al meglio e scattare. Questo perché il diaframma vero e proprio è la pupilla d'uscita del microscopio, e la lettura esposimetrica della macchina fotografica stabilirà il tempo di posa.

In questo modo, si possono usare anche le fotocamere digitali con eccellente profitto. Si potrà usare la tecnica, oggi sempre più diffusa, dell'elaborazione digitale al computer, sfruttando le potenzialità dei programmi di grafica. Questi ci permettono, per esempio, di cambiare con un "click" lo sfondo di un'immagine per migliorare il contrasto e la visione d'insieme. Prima della nascita di questa tecnica, si dovevano inserire, sopra il condensatore, filtri colorati, di gelatina o vetro, a volte eccessivamente costosi. Mediante la computer-grafica è possibile applicare un filtro digitale, che prenda in esame tutte le linee di confine della foto dove varia il colore, e stabilire il grado di microcontrasto da applicare per aumentare la nitidezza in modo notevole.

E' possibile, inoltre, correggere le dominanti di colore introdotte da un filtraggio non corretto della luce con velocità e precisione ed apportare altre innumerevoli migliorie impensabili. Si può sfruttare la tecnica digitale anche con la ripresa su pellicola a colori, facendo la scansione del negativo o della stampa per ottenere un'immagine digitale, in altre parole, scomponendola in una matrice di tanti quadratini chiamati pixel. Maggiore sarà il numero dei pixel, migliore sarà la risoluzione della foto che si formerà sul monitor del computer, ottenendo ottimi risultati anche con questo sistema.

Facendo uso di telecamere, sia analogiche sia digitali, si ottiene una risoluzione più bassa limitata dal sistema televisivo. Il filmato in tempo reale, però, affascina molto, e ci permette ad esempio di seguire, in ogni istante, la scissione di una cellula oppure di un *paramecio* (protozoo ciliato unicellulare) che uccide senza pietà altri microrganismi, di seguire il masticamento e la digestione attraverso il suo corpo trasparente oppure l'agonia e la morte di un'alga unicellulare, perché rimasta a secco tra il vetrino e il copri-oggetti, ed ancora innumerevoli altri organismi ed alghe viventi.

Per concludere questo breve trattato, si può aggiungere che questi filmati sono molto utili per commentarli in gruppo, ma soprattutto a scopo didattico, dato che è possibile visionarli in una scuola intorno a un buon televisore, oppure su schermi giganti in ampie sale.



A sinistra: microscopio biologico per acqua e preparati trasparenti; a destra: un modello stereo per corpi opachi, minerali, insetti, ecc.

L'ACQUISTO DI UN MICROSCOPIO

C'è sul mercato una vasta gamma di microscopi, dallo strumento giocattolo da pochi euro, a quelli da ricerca del costo di varie migliaia di euro.

In base alla nostra esperienza suggeriamo di seguire i seguenti suggerimenti:

1. Prima di procedere all'acquisto, procuratevi un manuale di microscopia e leggetelo attentamente.
2. Gli strumenti giocattolo non dovrebbero essere presi in considerazione; in genere sono poco utilizzabili.
3. Consultatevi con persone che abbiano già esperienza di microscopi e del loro uso.
4. Date la preferenza ai commercianti in grado di assistervi anche dopo l'acquisto.
5. Non date importanza al numero degli ingrandimenti; un microscopio che ingrandisca da 50 a 200 volte è più che sufficiente per i primi anni di lavoro. Valori superiori utili sono raggiungibili solo con strumenti molto costosi. Inoltre, con l'aumento del potere di ingrandimento, aumentano anche i problemi di messa a fuoco e di osservazione: un bambino si troverebbe in seria difficoltà.
6. Ricordate che, anche solo per comunicare, dovrete investire non meno di 200-250 euro. Strumenti troppo economici saranno poco utilizzabili e li abbandonerete presto.
7. Se lo strumento è destinato ad un bambino, fatelo assistere da una persona già esperta, almeno le prime volte. In ogni caso leggete attentamente le istruzioni accluse prima di toccare il microscopio.
8. Se non avete problemi economici, orientatevi subito su un modello semi-professionale che possa essere arricchiti nel tempo con sempre nuovi accessori. Con strumenti di questa categoria si possono fare buone fotografie, anche digitali, ed è possibile applicare una telecamera collegata ad un televisore e ad un videoregistratore.
9. I microscopi amatoriali si dividono in due categorie:
stereoscopici Servono per corpi solidi opachi quali minerali, insetti, foglie, ecc;

biologici Sono specifici per l'osservazione delle acque stagnanti, sezioni sottili di vegetali, componenti del sangue e tutte le cose di basso spessore, trasparenti alla luce quali carta, foglie, tessuti.

10. Nel decidere la spesa da investire ricordate che un buon microscopio, se trattato con cura, durerà tutta la vita.

L'UNITA' DI MISURA DEL MICROSCOPISTA

Le cose che si vedono al microscopio sono molto piccole, quasi sempre invisibili ad occhio nudo. Quindi, per misurarle non potremo utilizzare i comuni metodi. Il metro, il centimetro ed anche il millimetro sono misure troppo grandi. Si deve perciò ricorrere ad una unità di misura adeguatamente piccola; essa è il micron, che in genere si indica con il simbolo "μ" e corrisponde alla millesima parte di un millimetro.

Per cercare di darvi un'idea più precisa, diremo che per fare un millimetro occorrono mille micron, per fare un centimetro ne occorrono diecimila e per un metro addirittura un milione! La maggior parte degli organismi che incontrerete abitualmente nelle vostre osservazioni avrà una lunghezza compresa tra i due millimetri per i più grandi e cinque, dieci micron per i più piccoli (soprattutto batteri, flagellati ecc). Per la misurazione effettiva dei soggetti occorrono degli appositi accessori, oculari e vetrini muniti di una scala graduata, accessori necessari solo al microscopista "evoluto".

Nella bibliografia, alla fine di questo manuale, vi saranno consigliati dei testi – atlante che vi daranno delle indicazioni di massima sulle dimensioni degli organismi più comuni.

L'ACQUA

C'è acqua e acqua e su questo non ci sono dubbi. Basta munirsi di un microscopio e alcuni campioni di liquido e il gioco è fatto. Il trucco è prelevarli nei posti giusti, come un lago poco profondo, uno stagno o più semplicemente una pozzanghera che resista più di tre giorni. Con un po' di fortuna si potrà scoprire un mondo molto più ricco di quello vegetale e animale visibile a occhio nudo.

In una goccia d'acqua, infatti, si possono trovare decine di microscopici esseri viventi, animali e vegetali, fra i quali esistono differenze considerevoli, più di quelle che si trovano, per esempio, tra il muschio e la quercia o tra un pesce e un mammifero. Ma niente paura: tutti questi microrganismi sono assenti nell'acqua che scorre dai rubinetti di casa. Anche perché l'eventuale presenza, per esempio di alghe nell'acqua potabile, sarebbe dannosa alla salute: questi microrganismi, infatti, possono provocare gravi infezioni gastrointestinali.



Diatomee a barchetta genere *Cymbella*. Lunghezza 40 micron. 200x.

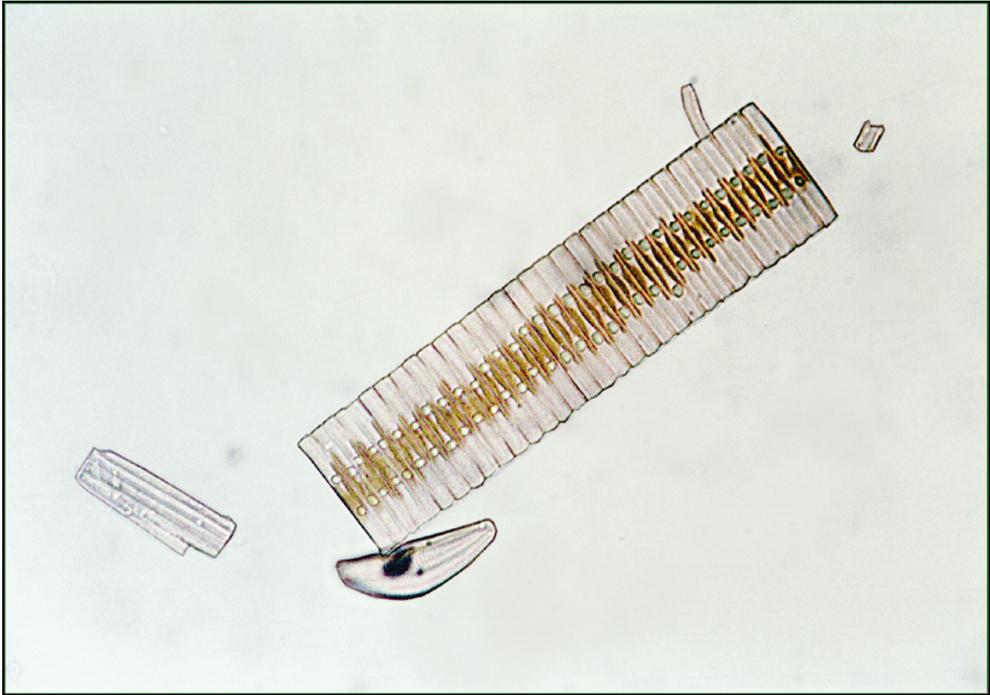
Quindi per conoscere gli abitanti delle acque non potabili e ottenere un ricco bottino da esaminare al microscopio, bisognerebbe raccogliere, insieme all'acqua, anche detriti sbriciolati sul fondale, foglie in decomposizione, fango e frammenti di piante.

Fra i microrganismi che appartengono al mondo vegetale i più comuni sono le alghe (rosse, azzurre, dorate, brune e diatomee). Mentre fra gli animali si trovano i rotiferi, organismi pluricellulari, e i protozoi, unicellulari: una vera scoperta per tutti coloro che vogliono entrare in questo singolare microcosmo.



Una sola goccia d'acqua può mostrare specie diverse di protozoi. Qui vediamo ciliati (*paramecium*, *vorticella*) e rotiferi *philodina*. 100x.

Le alghe sono organismi autotrofi (cioè, in grado di produrre sostanze nutritive a partire da materiali inorganici), unicellulari o pluricellulari, provvisti di vari pigmenti, come la clorofilla. Normalmente sono ricoperte da una membrana impregnata di sostanze mucillaginose, silicee o calcaree, e hanno forme diversissime. Per la loro enorme quantità, sono state divise per classi: le più comuni sono le *cloroficee*, cioè le alghe verdi, e le *crisoficee*, vale a dire quelle giallo-verdi o giallo-brune. Anche le diatomee appartengono a questa grande famiglia pur avendo caratteristiche diverse, sono prive di flagelli, le appendici che talvolta ricoprono il corpo e sono rivestite da una membrana di silice, una specie di guscio rigido che, alla loro morte, forma sui fondali grandi depositi detti farina fossile.



Diatomea del genere *Fragilaria* comune in estate. Unicellulare, ma qui in una catena di oltre 30 esemplari. Dimensioni da 40 a 150 micron. Foto: 200x.

DOVE PRELEVARE L'ACQUA

Prima ancora di consigliare dove prendere l'acqua per le osservazioni, conviene pensare dov'è che non conviene perdere tempo.

L'acqua potabile o quella minerale non vanno prese in considerazione. In particolare, l'acqua delle condutture pubbliche e domestiche è addizionata di sostanze, come il cloro, che hanno proprio il compito di eliminare eventuali microrganismi presenti.

Sono poco produttive anche le acque di sorgente e quelle correnti di fiumi, torrenti o ruscelli.

Anche le acque dei laghi, prese a largo, hanno una bassa concentrazione di piccoli ospiti.

Il luogo ideale per fare una ricca raccolta di piante o animali microscopici è lo stagno.

In tutti i luoghi dove le acque rimangono ferme per lungo tempo, si ha, in genere, uno sviluppo notevole d'alghe, protozoi e tanti altri piccoli animali anche pluricellulari, seppur di dimensioni microscopiche.

Perciò, se avete un piccolo stagno nei pressi di casa, vi potete ritenere fortunati, perché avrete a disposizione, tutto l'anno, una vera e propria miniera di materiale da osservazione.

Anche nei fiumi potrete raccogliere campioni, purché abbiate cura di farlo presso la riva, nelle anse e ovunque l'acqua sia ferma o quasi. La stessa cosa vale per torrenti e ruscelli. Un periodo favorevole alla raccolta si verifica quando, a seguito di un lungo periodo di siccità, le acque raggiungono il livello più basso, scorrono molto lentamente o non scorrono per niente. Spesso, in queste condizioni, si formano estese fioriture d'alghie che ricoprono parte dell'acqua con una massa verde e gelatinosa. I microrganismi proliferano, poi, là dove ci sono vegetali immersi e marcescenti.

Anche la popolazione microscopica risente delle variazioni stagionali, perciò la primavera e l'estate sono stagioni favorevoli alla raccolta, ma anche in inverno troverete, in ogni caso, sempre qualcosa da osservare con il vostro microscopio.

Può darsi il caso che non abbiate fiumi, ruscelli, o stagni nei pressi della vostra abitazione; niente paura! Troverete in ogni caso materiali in qualunque fossa lungo i campi o ai lati delle strade di campagna. Talvolta, in questi luoghi finiscono degli scarichi di paesi o abitazioni. Adottate, allora, qualche piccola precauzione, usando guanti di lattice per la raccolta e l'osservazione dopo di che datevi una bella lavata alle mani. La microscopia non riserva particolari pericoli e le normali norme igieniche bastano a tutelarsi.

I luoghi di raccolta non finiscono qui; dopo un periodo di pioggia, anche una pozzanghera che sia rimasta tale per quattro o cinque giorni vi riserverà delle sorprese e, in primavera, vi troverete facilmente anche i pollini di numerose piante, ampliando, così, la vostra area d'indagine.

Sempre grazie alla pioggia, potrete trovare piccoli e interessanti organismi, semplicemente prendendo l'acqua che ristagna nei canali di scarico orizzontali dei vostri terrazzi. In particolare, vi troverete dei piccoli pluricellulari chiamati rotiferi che si prestano bene all'osservazione, anche con modesti ingrandimenti. Leggete, a questo proposito, il paragrafo che abbiamo dedicato a questi animaletti nel presente manuale.

Un altro luogo domestico dove potrete trovare alghe e protozoi è il sottovaso delle vostre piante, specie se alimentate con acqua piovana o di pozzo.

Infine, se abitate in paesi o città ove siano presenti fontane o vasche ornamentali, non disdegnate di raccogliere campioni anche lì e se sono presenti delle piante acquatiche, come le ninfee, raschiatele sulla parte a contatto con l'acqua con un coltello e immergete la patina raccolta sulla lama nel vostro barattolino d'acqua.

COME PRELEVARE L'ACQUA

L'attrezzatura per raccogliere i campioni è quanto mai semplice ed in molti casi sarà già presente nelle vostre case.

Innanzitutto, vi serviranno dei barattoli di vetro di varie dimensioni. E' importante che siano muniti di coperchio per non perdere il frutto del vostro lavoro.

I più comodi sono quelli che contengono i cibi omogeneizzati per bambini. Sono poco ingombranti, assai maneggevoli ed in poco spazio se ne possono tenere molti. Ciò ci permetterà di prendere campioni d'acqua in punti diversi dello stagno o del ruscello.

Un'etichetta adesiva preciserà i luoghi. Tuttavia, sarà utile anche un barattolo più grande, da un litro o più che servirà come riserva biologica da utilizzare nel tempo. Nel barattolo più grande, i processi che portano al degrado delle colture avvengono assai più lentamente che nei piccoli vasetti da omogeneizzati.

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 e il coperchio per consentire una piccola riserva d'ossigeno. Giunti a casa, i coperchi dovranno essere rimossi ed i barattolini potranno essere coperti con un tessuto poroso tipo quello usato per confezionare i confetti, che fermeremo con un elastico. Così si renderà possibile il ricambio d'aria, impedendo alla polvere d'entrare.

Nella raccolta si potrà ricorrere a degli accorgimenti che renderanno più proficuo il nostro lavoro. Per esempio, sarà utile inserire nel barattolo una piccola quantità di vegetali presenti nell'acqua e sarà bene prendere foglie o canne sommerse, raschiando la loro superficie in modo che la patina che le ricopre finisca nel barattolino. Anche la patina dei sassi sommersi servirà allo scopo e, in qualche particolare barattolino, raccoglierete anche un po' della melma del fondo che, in genere, ospita una sua caratteristica popolazione.

Si prenderanno anche un po' delle alghe presenti, ma le quantità di esse e dei vegetali messe nel barattolino dovranno essere modeste. Una pianticella sommersa, strappata con le radici dal fondo, servirà ad ossigenare l'acqua. Abbiate cura di non raccogliere mai i campioni presso acque profonde, dove un'accidentale caduta potrebbe avere gravi conseguenze. Se siete bambini, fatevi sempre aiutare da un adulto.



Un microscopista preleva acqua da un laghetto.

Tutto quanto detto finora vale per quei casi in cui le caratteristiche del terreno consentono di arrivare fino alla riva degli specchi d'acqua.

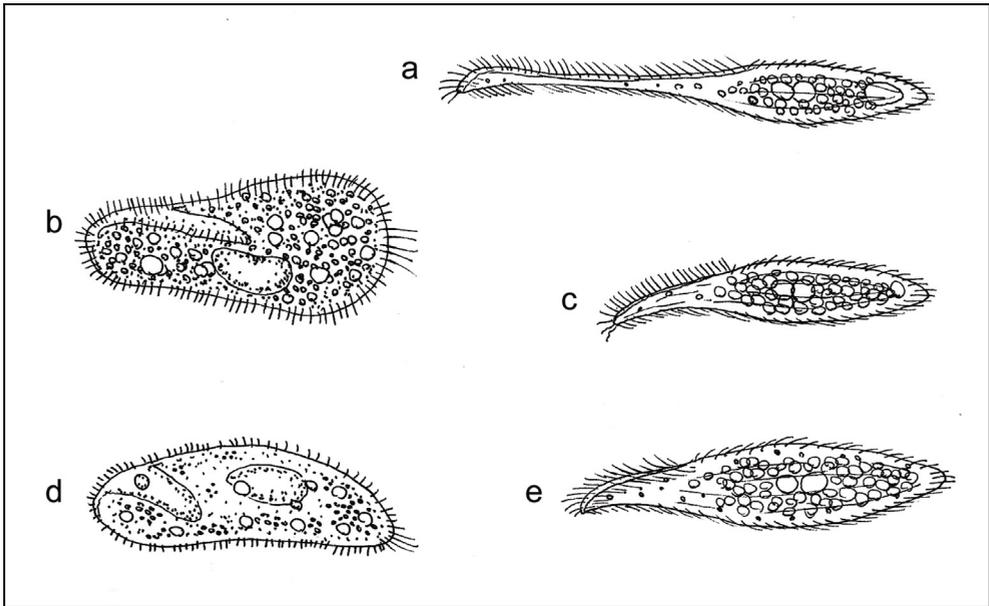
Tuttavia, ciò non è sempre possibile. Spesso, i fossi laterali alle strade sono più in basso del livello stradale, poco accessibili e c'è la possibilità di cadervi; talvolta vi possiamo fare incontri poco piacevoli con topi o serpenti. Perciò, è utilissimo munirsi di un bastone telescopico da imbianchino (sono quelli che si possono allungare o accorciare per segmenti, come si fa con le canne da pesca); in cima, fisseremo con il nastro adesivo un barattolo da cucina con un manico adeguatamente lungo e, così attrezzati, sarà possibile raccogliere campioni, in perfetta sicurezza anche in fossati o stagni poco accessibili.

Sulla raccolta dei campioni possono influire anche le condizioni del tempo o l'ora della giornata.

Di solito, nelle giornate luminose, piene di sole, le alghe si approssimano alla superficie, mentre la maggior parte dei microscopici animaletti si lascia scivolare sul fondo. Non sappiamo se lo facciano per sfuggire alla luce del sole o ai loro predatori naturali.

Quindi, se v'interessano di più protozoi e simili, la vostra raccolta sarà più proficua di sera, dopo il tramonto oppure nelle giornate molto nuvolose, viceversa se sono le alghe ad

interessarvi, farete un bottino migliore nel primo pomeriggio di un giorno assolato. Infine, ricordate che un luogo domestico dove rinvenire campioni è un comunissimo acquario, soprattutto se avrete cura di spremere bene il filtro dello stesso. I filtri possono essere una vera miniera di microrganismi.



Disegno di alcuni ciliati molto comuni: a) *Lionotus cignus*; b) *Paramecium putrinum*; c) *Lionotus fascicola*; c) *Paramecium trichium*; e) *Lionotus lamella*.

LE COLTURE A CASA

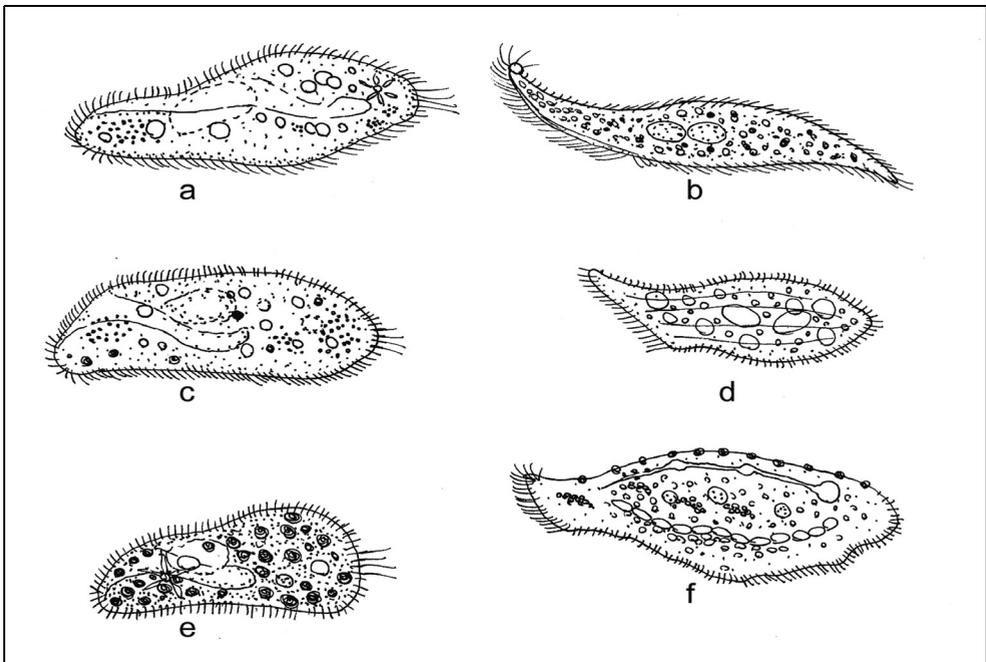
Una volta rientrati a casa, sarà bene portare subito i nostri barattolini-coltura nella stanza adibita a piccolo laboratorio. Si dovrà togliere il coperchio e si metteranno in modo tale che siano esposti alla luce, ma non ai raggi diretti del sole che ucciderebbero i nostri piccoli ospiti. Un luogo consigliabile è il davanzale di una finestra rivolta a nord. In inverno, nello spazio compreso tra la finestra e la controfinestra. Sarebbe consigliabile fare subito una prima osservazione, perché i più delicati, tra i nostri soggetti, moriranno presto. In generale, con il passare dei giorni, le specie più resistenti tenderanno ad aumentare di numero. Questa proliferazione, però, sarà temporanea e, dopo un certo tempo, si verificherà una rapida scomparsa o comunque, un notevolissimo ridimensionamento del numero d'esemplari presenti. A questo punto, potrà essere una specie, fino allora poco numerosa,

ad avere un notevole aumento d'individui. Anch'essa, però, andrà incontro ad una rapida diminuzione. Col passare delle settimane, il numero delle specie presenti diventa sempre più piccolo. Nelle colture vecchie, assisteremo alla comparsa di un gran numero di batteri,



che formeranno una patina sul pelo dell'acqua e solo gli organismi più resistenti ed adatti al nuovo microambiente sopravvivranno a lungo. Malgrado ciò, una coltura d'acqua di stagno potrà essere oggetto d'osservazione per varie settimane ed in qualche caso per qualche mese. Una periodica aggiunta di nuova acqua, con la stessa provenienza, potrà contribuire

ad allungarne la vita. Anche i microrganismi hanno bisogno di cibo; li potremo nutrire aggiungendo, ogni tanto, una piccola goccia di latte o un po' d'acqua ove si sia lasciato in infusione, per qualche giorno, una piccola quantità di fieno.



Alcuni protozoi ciliati comuni nelle acque stagnanti: a) *Paramecium aurelia*; b) *Hemiophrys pleurosigma*; c) *Paramecium bursaria*; d) *Amphileptus claparedei*; e) *Stylonychia Mytilus*; f) *Loxophillum meleagris*

Un piccolo trucco: quando una coltura è piena di centinaia o migliaia di piccoli ospiti della stessa specie c'è da aspettarsi un imminente tracollo, in questo caso prepareremo un barattolo ex novo con acqua analoga, vi aggiungeremo una piccola quantità di fieno, quindi trasferiremo nel nuovo ambiente qualche goccia d'acqua del barattolino superpopolato; in questo modo, se tutto va bene, daremo vita ad una nuova coltura che prolungherà la vita dei nostri piccoli ospiti.

Un accorgimento per ottenere gocce da osservare contenenti molti organismi consiste nell'immergere dei rametti di vegetali nelle acque di coltura. La superficie sarà colonizzata da una numerosa popolazione di microrganismi ed estraendo i rametti dall'acqua e raschiandoli in superficie, delicatamente sul vetrino, otterremo delle gocce da osservazione superpopolate.

PER ARRICCHIRE LE COLTURE

Uno degli organismi microscopici più interessanti da osservare è il paramecio. Esiste un curioso accorgimento per far aumentare il numero degli esemplari nella coltura.

Occorre procurarsi alcune radici di cavolo navone (in Toscana viene chiamato *ramolaccio*). Lo si trova in gennaio – febbraio. Si taglia la radice, simile ad una grossa carota bianca e di forma irregolare, in piccoli pezzi di circa un centimetro cubo. Si mette ad essiccare bene al sole o sul radiatore di casa. Con la perdita d'acqua, i vari pezzi diverranno molto più piccoli e secchi. Potranno allora essere messi in un barattolo di vetro dove si conserveranno per vari anni.

Ebbene, aggiungendo alle colture naturali contenenti almeno qualche paramecio, un pezzettino di cavolo navone essiccato si otterrà, in genere in 36 – 48 ore una loro rapida proliferazione. Ne basterà una piccola quantità e, con l'esperienza, si imparerà a calcolare la dose e ogni quanti giorni aggiungere un nuovo pezzetto. Il cavolo navone funziona anche con altri protozoi. Un altro modo di coltivare ciliati è quello di aggiungere una goccia di latte ad una coltura di 100 ml d'acqua, avendo cura di agitare il tutto per facilitare la diffusione omogenea. Il liquido, a questo punto, diverrà un po' lattescente. Si aspetterà, allora, che l'acqua ritorni limpida dopo di che si aggiungerà una seconda goccia di latte. Se tutto andrà bene si avranno delle colture con molti *stentor ceruleus* e parameci. La periodica aggiunta di una goccia di latte manterrà il risultato a lungo. L'unico inconveniente sarà costituito dal fatto che i microrganismi diverranno un po' opachi, ma potranno essere utilizzati per allestire altre colture, in acqua chiara, con un piccolo pezzo di cavolo navone o un infuso d'acqua e poco fieno.

GLI INFUSI

L'acqua presente nell'ambiente naturale di pozze, stagni, fossati e luoghi simili è già di per sé ricca di materiale da osservare. Tuttavia, si possono allestire anche delle colture nel nostro laboratorio, preparando degli infusi.

Tanto per cominciare, va detto che l'acqua raccolta è già un'ottima coltura e i microrganismi vi si sviluppano bene senza alcun intervento. Ciò nonostante, si potranno ottenere ulteriori miglioramenti, se vi aggiungeremo una piccola quantità di fango raccolto sul fondo, qualche rametto di pianta acquatica e frammenti di foglia estratta sempre dal luogo di raccolta, avendo cura di usarne piccole quantità. Si possono realizzare, tuttavia, dei veri e propri infusi nell'ambiente domestico.

INFUSO DI FIENO

E' il più comune e classico. Occorre un barattolo di vetro, meglio se non troppo piccolo. Si deposita sul fondo una piccola quantità di fieno. Si aggiungono un paio di chicchi di grano e di riso. Infine si mette l'acqua. Non si deve usare quella dell'acquedotto, che spesso contiene cloro, ma acqua piovana, di sorgente o di pozzo. Dopo qualche giorno, due o tre, si noterà che sulla superficie dell'acqua si sarà sviluppata una pellicola ben definita. Essa sarà ricca di *bacillus subtilis*, un batterio che prolifera in presenza di fieno bagnato, e sarà possibile osservare qualche protozoo se, nel materiale usato ve n'erano sotto forma di cisti o spore. Un risultato assai migliore si otterrà se, al momento della formazione della pellicola, si aggiungerà una piccola quantità d'acqua di stagno che ospiti già dei microrganismi. Quando le condizioni sono ottimali, presso il substrato potranno comparire dei parameci in forma massiccia. Le colture di fieno vanno conservate alla luce, ma non direttamente al sole ed a temperatura ambiente. Converterà seguirle nel tempo, perché il microsistema ecologico dell'infusione è in continua evoluzione. Si osserva lo svilupparsi massiccio di una certa specie animale che, raggiunto il suo livello massimo, scomparirà sostituita da una nuova specie. Il fenomeno potrà ripetersi più volte.

L'infusione di fieno è particolarmente adatta per i ciliati e può essere usata per alimentare colture vecchie.

INFUSO D'INSALATA

Risultati analoghi si ottengono mettendo in infusione un po' di foglie d'insalata.

L'importante è non eccedere mai con le quantità immesse nell'acqua, che devono essere sempre modeste per non dar luogo a massicci fenomeni di putrefazione, con il conseguente eccessivo consumo di ossigeno. Col tempo imparerete a calcolare la dose necessaria.

COME SI PREPARA UN VETRINO CON UNA GOCCIA D'ACQUA

Il campo d'indagine per il microscopista dilettante è estremamente ampio; è quasi impossibile fare l'elenco delle cose che si prestano ad essere studiate, ma anche soltanto l'osservazione delle varie forme di vita che popolano l'acqua stagnante ci può accompagnare per tutta la vita. Il numero delle specie animali e vegetali, fino ad oggi classificate, è di alcune decine di migliaia e non basterebbe un'intera vita umana per conoscerle tutte. L'osservazione di forme viventi, d'aspetto mutevole ed in continuo movimento è, inoltre, più gratificante dello studio di cose che appaiono statiche, anche se interessanti.

Esaminare una goccia d'acqua è una delle cose più semplici che si possano fare con un microscopio.

L'attrezzatura di base per quest'attività è la seguente:

- 1) Una piccola quantità d'acqua raccolta in un fosso o in uno stagno. (Vedi capitolo specifico sui luoghi di raccolta).
- 2) Vetrini porta-oggetti.
- 3) Vetrini copri-oggetti.
- 4) Una pipetta di Pasteur o un semplice contagocce.
- 5) Una lama sottile, anche un piccolo coltello o un cacciavite col taglio sottile.
- 6) Un rotolo di carta da cucina.
- 7) Guanti in lattice "usa e getta".

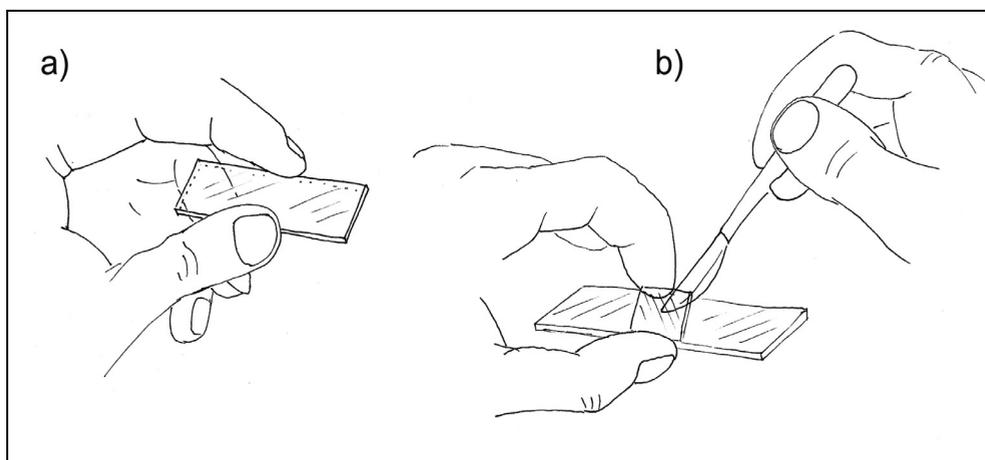
Sia i vetrini porta-oggetti che quelli copri-oggetti si acquistano presso i rivenditori di microscopi, la pipetta contagocce in farmacia e tutto il resto in un comune supermercato. Come dice il nome, il vetrino porta-oggetti serve ad ospitare la nostra goccia d'acqua. Il copri-oggetti serve a coprire e schiacciare la goccia d'acqua sul porta-oggetti ed è molto piccolo e sottile. La pipetta od il contagocce per dosare la goccia, la carta da cucina per asciugare i vetrini dopo l'uso o per asportare eventuale acqua in eccesso. La lama per deporre nel modo giusto il vetrino copri-oggetto sulla goccia d'acqua, mentre i guanti servono per ragioni igieniche e per evitare di tagliarsi con il copri-oggetti.

Ed ecco ora come dovete procedere per allestire il preparato da osservare:

1. Prendete il vetrino porta-oggetti verificando che sia perfettamente pulito. Eventuale sporcizia o granelli di polvere contribuiscono a degradare l'immagine osservata. Per ripulire i vetrini, potete usare acqua distillata o un panno leggermente bagnato con alcool. Ricordate che quest'ultimo è infiammabile. Non usatelo vicino a fiamme

libere, lampade accese ecc. Reggete il vetrino con il pollice e l'indice, avendo cura di tenerlo per i due lati sottili, al fine di non lasciare impronte o sporczia sulle superfici piane. Appoggiatelo su una superficie piana e pulita.

2. Con la pipetta prendete un po' d'acqua di stagno dal vostro contenitore di vetro e deponetene una piccola goccia sul vetrino porta-oggetti. Come imparerete con l'esperienza, le dimensioni della goccia sono molto importanti per la buona riuscita del preparato.
3. Prendete ora un vetrino copri-oggetti. Esso è assai più piccolo del porta-oggetti ed è molto sottile; anzi, va ricordato che i vetrini copri-oggetti, per permettere una visione perfetta, devono avere uno spessore preciso di mm.0,17, questo perché le ottiche del microscopio sono studiate per compensare le aberrazioni di questo tipo di vetrini. Uno spessore diverso porta ad un degrado dell'immagine. Anche il copri-oggetti va preso con il pollice e l'indice tenendolo per il lato sottile. Quest'ultimo può essere tagliente, siate delicati. I guanti di lattice vi potranno essere di protezione. A questo punto, appoggiate uno dei bordi del copri-oggetti sul vetrino porta-oggetti, nei pressi della goccia d'acqua. Inclinate il copri-oggetti verso di essa, poi, usando la lama che avrete preparato vicino a voi, iniziate a far scendere, lentamente, il vetrino sulla goccia d'acqua tenendolo da un lato con le dita e dall'altro con la lama. Quando esso avrà schiacciato l'acqua e starà per appoggiarsi completamente sul porta-oggetti, estraete lentamente la lama tenendola quanto più bassa possibile e, finalmente, estraetela del tutto. L'operazione sarà finita.



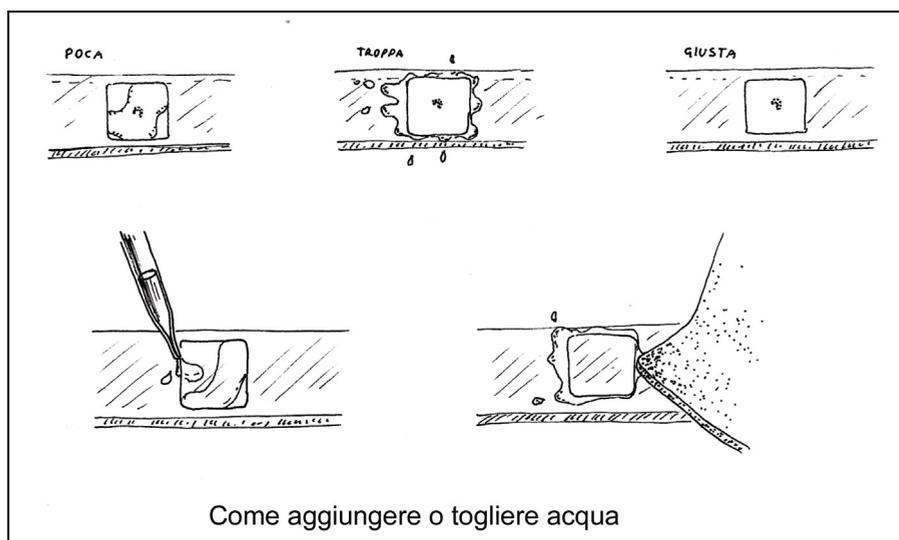
a) Come si tiene il porta-oggetti. b) Come deporre il copri-oggetti.

4. Nell'allestimento della goccia si possono presentare alcuni inconvenienti iniziali che, con un po' di esperienza, imparerete ad evitare.

Il più comune è la formazione di bolle d'aria. Queste sono un ostacolo all'osservazione. Se ne avrete troppe dovrete ripetere la procedura. Con la pratica, riuscirete ad allestire un vetrino in poche decine di secondi.

L'altro possibile inconveniente è che potreste aver fatto una goccia d'acqua troppo grande. In questo caso essa deborderà dal vetrino e quest'ultimo sembrerà galleggiarvi sopra. Sottraete allora l'acqua in eccesso, appoggiando la carta da cucina ai lati del vetrino fino al raggiungimento della situazione ideale. In un vetrino perfettamente preparato, la goccia si dispone sotto il copri-oggetti senza uscire dai bordi e senza che il vetrino vi galleggi sopra, pur avendo occupato tutto lo spazio disponibile sotto il vetrino stesso.

5. Ricordate di non osservare mai senza il vetrino copri-oggetti. IL suo uso, oltre ad essere essenziale per la qualità dell'immagine, serve ad impedire che l'obiettivo possa accidentalmente toccare il preparato sporcandosi. La pulitura di un obiettivo sporco, per un principiante, può non essere agevole. La preparazione di un buon vetrino è il primo passo verso una buona osservazione, tuttavia non basta solo questo. Occorre anche regolare al meglio il nostro microscopio. Dovremo quindi trovare la giusta illuminazione, aprire al punto giusto il diaframma ed eseguire tutte le altre operazioni descritte nel capitolo sull'uso dello strumento.

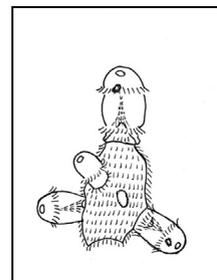
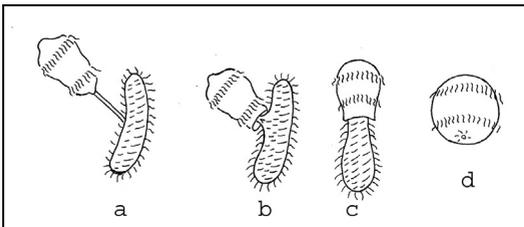




Quando l'acqua comincia a mancare, il peso del vetrino copri-oggetti provoca la deformazione dei protozoi, come nel caso del paramecio a destra nella foto.

UN CILIATO PREDATORE

Anche le acque stagnanti hanno i loro predatori; uno dei più noti è il *Didinium*, un ciliato di cui esistono numerose specie con dimensioni variabili tra sessanta e centocinquanta micron. Il protozoo è caratterizzato da una specie di piccolo naso con il quale scaglia, contro le prede, dei piccoli dardi detti tricocisti. La preda viene immobilizzata e, successivamente, ingoiata. Spesso cacciano in gruppo ed una sola preda può essere attaccata da più esemplari.



A sinistra: a) il *Didinium* colpisce la preda con una tricocisti; b) il protozoo si attacca alla preda paralizzata; c) la preda viene lentamente fagocitata; d) il protozoo digerisce la vittima.

A destra: quattro *Didinium* si contendono la stessa preda.

L'OSSERVAZIONE DI UNA GOCCIA D'ACQUA

C'è una gran differenza tra i verbi vedere, guardare ed osservare. Molti pensano che essi indichino la stessa azione, che siano sinonimi intercambiabili, ma non è così!

Il grande scienziato J. B. De Lamarck diceva: "L'uomo non *guarda* mai il cielo, perché lo *vede* sempre". Tutti, o quasi, uscendo di casa, al mattino, rivolgono lo sguardo al cielo, per sapere che tipo di giornata li attende, e se ci sono le nubi tutti le vedono, ma pochi le osservano.

Osservare non vuol dire guardare, vedere; osservare significa concentrare i propri occhi su un soggetto, farne il centro della nostra attenzione, destinare ad esso la nostra capacità di concentrazione, dedicare ad esso i sensi e la mente, dimenticando tutte le altre cose che ci circondano. Si osserva per conoscere, per capire, per arricchirci di cose nuove, per far nascere in noi domande alle quali si desidererà, poi, dare una risposta. Per innalzare lo spirito, la nostra anima verso cose elevate, quelle che più d'ogni altra fanno onore alla dignità umana. Quindi, ricordate sempre: non si guarda in un microscopio, si *osserva*; per conoscere, per capire, per diventare migliori.

Una proficua seduta richiede alcuni piccoli e facili accorgimenti: tenete il vostro strumento nell'angolo più tranquillo di casa, lontano dai rumori e dalle persone non interessate a quest'attività. Per sopportare bene le lunghe ore di lavoro avrete bisogno di sentirvi a vostro agio. Fate in modo di disporre di una temperatura gradevole, assumete la posizione più comoda possibile disponendo lo strumento e la sedia nella disposizione più adatta. Date ad altri l'incarico di rispondere al telefono e pregateli di disturbarvi solo in caso di necessità. A questo punto, iniziate il lavoro.

Prima di tutto accertatevi di aver allestito, in maniera corretta il vetrino. Regolate lo strumento fino a quando avrete ottenuto il miglior contrasto e la migliore illuminazione possibili. Cominciate con un basso potere d'ingrandimento, 50 o 100 volte.

A questo punto iniziate l'osservazione, guardando con attenzione e senza fretta nel campo dell'oculare. Se nulla colpisce la vostra attenzione, muovete lentamente il vetrino, con le mani se avete un modello economico, o con le apposite manopole di traslazione se è di tipo più evoluto. Non appena avrete trovato un soggetto di vostro interesse, fermatevi. Cercate di notare tutti i particolari permessi dall'obiettivo usato, poi passate ad un ingrandimento superiore. Spesso vi troverete davanti a qualcosa d'ignoto. Tenete sempre, accanto a voi, uno dei manuali consigliati in bibliografia. Attraverso i disegni o le fotografie cercate di identificare ciò che ha attratto la vostra attenzione. Le prime volte incontrerete delle difficoltà, ma non scoraggiatevi; col tempo e l'esperienza imparerete un sacco di cose ed

anzi, saranno proprio quelle sconosciute e mai viste prima a suscitare curiosità ed entusiasmo. Sappiate fin da ora che le domande che riceveranno una risposta saranno sempre meno di quelle che resteranno in sospeso, con un punto interrogativo. Potete anche passare tutta la vita con gli occhi al microscopio, ma sempre, anche dopo decenni, vi capiterà qualcosa mai visto prima. Sta anche qui il fascino misterioso del microcosmo. Alla prima occhiata noterete dei corpuscoli o delle masserelle informi ed opache. In genere sono piccoli frammenti di vegetali, particelle di fango, resti d'animali morti. La vostra attenzione sarà, però, attratta da ciò che si muove: i *protozoi*, piccoli animali costituiti da una sola cellula, così diffusi nelle acque stagnanti, staranno per divenire i vostri nuovi amici, compagni fedeli dell'avventura che starete per vivere. Ne esistono migliaia di specie diverse, alcune diffuse un po' dappertutto, altre tipiche di acque con particolari caratteristiche. Appartengono a numerosi gruppi, spesso assai diversi tra loro, che, con il tempo, vi diverranno familiari: ciliati, zoomastigi, rhizopodi, suctori, rotiferi e così via. Nomi difficili che imparerete un po' alla volta attraverso i loro esemplari più comuni.

Non finisce qui; troverete anche delle magnifiche piante, anch'esse unicellulari, dotate di smaglianti colori, spesso verde smeraldo come le euglene, le diatomee e quelle flagellate. Una cosa che non mancherà di stupirvi è che alcune di esse possono muoversi, nuotare, cambiare forma sotto il vostro sguardo. E qualcuna ha anche un organo che funziona come un rudimentale occhio per la ricerca della luce. Insomma, avrete davanti a voi, allo stesso tempo, il giardino zoologico e l'orto botanico delle meraviglie.

Le prime volte potrete anche concedervi il lusso di vagare in qua e là come più vi piace, ma se volete diventare dei veri naturalisti dilettanti, dei veri microscopisti, dovrete scegliere fra tanta abbondanza e dare sistematicità alle vostre osservazioni. Ripeto, *osservare* non guardare. Nessuno vi obbliga a porre dei limiti ai vostri interessi, tuttavia sono molti gli osservatori che, con così tante occasioni di scelta, hanno deciso di specializzarsi in un settore specifico. C'è chi si occupa esclusivamente di diatomee, chi predilige lo studio dei protozoi, chi è affascinato solo dalle amebe e chi s'interessa, soprattutto, di funghi microscopici o di batteri. Saranno il tempo e l'esperienza a guidare le vostre scelte, ma uno in particolare dovrebbe essere l'impegno morale: diffondere la vostra passione per questa scienza, condividere con quante più persone possibili le meraviglie dell'infinitamente piccolo. Diventare missionari della microscopia.

Troverete utile e gratificante disegnare ciò che vedete, in seguito potrete fare i primi tentativi di fotografia. Molti microscopisti collegano una telecamera al loro strumento, poi seguono le immagini sul televisore ed il collegamento con un comune videoregistratore vi permetterà di

realizzare delle videocassette casalinghe che potrete rivedere nel tempo o mostrare ai vostri amici. Se conoscete persone già esperte, rivolgetevi a loro per avere suggerimenti.

Qualche piccolo trucco

Una delle difficoltà del neo-microscopista consiste nel riuscire a seguire i protozoi, che, spesso, si muovono troppo velocemente. Questo è facilmente superabile. La quantità d'acqua imprigionata sotto il vetrino copri-oggetti è molto modesta e, col passare del tempo, evaporerà. Via, via che il liquido diminuisce, gli animalletti rallentano i propri movimenti, un po' perché manca loro l'acqua, un po' perché il vetrino copri-oggetti, non più sostenuto dal liquido, comincia a premere su di loro. Questo è il momento più adatto per l'osservazione. Con i vostri animalletti immobili o quasi, potrete osservare con tutta calma i loro particolari, prendere nota della struttura, osservare le loro caratteristiche interne ed effettuare dei buoni disegni. Questo è anche il momento adatto per scattare fotografie o fare una videoregistrazione.

Attenzione, se permetterete all'acqua di evaporare del tutto, i protozoi moriranno. E ciò non è giusto; in fin dei conti è merito loro se avrete fatto delle proficue osservazioni, imparando molte cose nuove. Che cosa dovete fare, allora? Semplice, aggiungete una piccola quantità di nuova acqua. Procedete così: con una pipetta contagocce, aspirate un po' d'acqua e depositatene una piccola goccia accanto al bordo del copri-oggetti, evitando di sovrapporre ad esso del liquido. Poi prendete una lama sottile o la punta a taglio di un piccolo cacciavite e muovete lentamente l'acqua con un movimento parallelo al bordo del vetrino copri-oggetti, avendo cura di non toccare quest'ultimo. In pochi secondi l'acqua vi penetrerà sotto ed i piccoli protozoi riprenderanno la normale attività, consentendovi di continuare l'osservazione. Questa è anche un'ottima occasione per fare una curiosa esperienza; chiedete ad un amico di fare l'operazione di aggiunta dell'acqua, secondo le modalità sopra descritte. Voi tenete gli occhi agli oculari. Quando l'acqua penetrerà sotto il vetrino, vi sembrerà di vedere un ruscello in piena. Ciò che è sotto i vostri occhi sarà spazzato via in un attimo, come quando un fiume esce dagli argini e tutto travolge. Sarà uno spettacolo che non mancherà di stupirvi. Se non volete perdere tempo, nell'attesa che i protozoi rallentino i loro movimenti, preparate i vetrini una mezzora prima di iniziare la seduta. Inutile affermare che l'acqua evaporerà più velocemente nella stagione calda. In inverno, un'unica goccia può permettere anche tre ore consecutive d'osservazione.

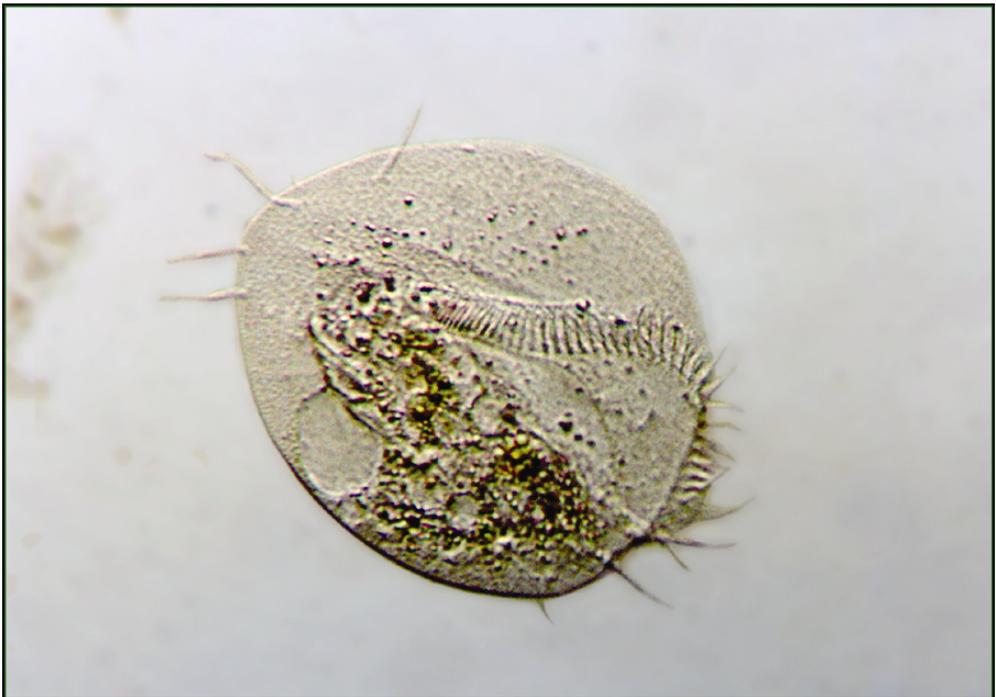
Alcuni manuali, al fine di rallentare il movimento dei microrganismi, suggeriscono di metterli in un mezzo come la cellulosa di metile che è usata come colla ed è solubile in acqua. Essa rallenta il nuoto degli animalletti, ma lo rende innaturale, quindi noi vi suggeriamo di utilizzare le tecniche sopradescritte, oltretutto semplicissime da mettere in atto.

I PROTOZOI

Sono tra i protagonisti delle vostre scorribande microscopiche. Costituiscono un gruppo molto vario di piccoli animali, se ne conoscono almeno 40.000 specie diverse.

Comparvero sulla Terra almeno due miliardi d'anni fa, come dimostra il ritrovamento di alcune forme fossili così antiche. Del resto, il nome stesso, protozoo, significa "primo animale".

Un tempo erano considerati un singolo gruppo del regno animale, oggi sappiamo, invece, che comprendono gruppi diversi riuniti nel Regno dei Protisti. Misurano, in genere, poche decine di micron, in qualche caso anche più di cento; tuttavia il gigante del gruppo, il ciliato d'acqua dolce *spirostomum* può raggiungere la lunghezza di tre millimetri, quindi è facilmente visibile ad occhio nudo.



Protozoo ciliato *Euplotes patella* evidenziato con luce radente. Dimensioni da 80 a 150 micron. 200x.

I protozoi vivono un po' dappertutto; si trovano in tutti gli specchi d'acqua dolce, nel mare, nel terreno, nei luoghi umidi ed alcuni possono essere parassiti dell'organismo umano, talvolta innocui, talaltra agenti di malattie. Per esempio, alcune specie d'amebe si trovano

perfettamente a loro agio nella nostra bocca, senza che ciò abbia particolari conseguenze per noi. Altre, soprattutto nelle regioni intertropicali, provocano malattie. Quelle che troveremo nelle acque stagnanti non costituiscono pericolo ed anzi, ci permetteranno di assistere al magnifico spettacolo della loro mutevole forma, saranno le vere regine delle nostre osservazioni.



Protozoo ciliato durante la riproduzione per scissione. 200x.

I protozoi sono costituiti da una sola cellula che svolge tutte le funzioni vitali, dalla respirazione al nutrimento ed alla riproduzione.

All'interno della cellula dei protozoi c'è un piccolo nucleo che contiene il codice genetico per la riproduzione. Essa avviene, di solito, per scissione binaria di un organismo preesistente, ma spesso è dato di vedere l'unione sessuale di due organismi che così si scambiano il proprio codice genetico, per poi tornare a replicarsi attraverso il fenomeno della scissione.

La classificazione dei protozoi è una cosa molto complessa, da riservare agli specialisti.

Semplificando, ci limiteremo alla seguente classificazione in cinque classi:

flagellati – sarcodici – sporozoi – ciliati – cnidosporidi.

Per una complessa trattazione del gruppo, rimandiamo ai testi citati in bibliografia.

Nelle pagine che seguono, troverete una sommaria descrizione dei protozoi più comuni da osservare.



Protozoo *Paramecium* con un rotifero genere *Philodina*. 100x.

IL PARAMECIO

Possiamo considerarlo la “prima donna” nel teatro del microscopio. È uno dei protozoi più comuni; la sua fotografia non manca mai nei libri scolastici ed è conosciuto anche da chi non ha mai messo occhio al microscopio. È molto facile trovarlo nelle acque stagnanti, tanto che sono molto rari i campioni di liquido dove non ve ne sia almeno uno.

Il paramecio è un piccolo protozoo appartenente al gruppo dei ciliati. Le sue dimensioni sono, su scala microscopica, relativamente cospicue potendo raggiungere e superare un decimo di millimetro. In condizioni di luce favorevole, può essere visto ad occhio nudo come un piccolissimo punto bianco.

Esso è formato da una sola cellula che, nella specie *paramecium caudatum*, ha la forma di una suola di scarpa. Il corpo è completamente coperto da ciglia da cui l'appartenenza alla classe dei ciliati.



Ciliati genere Paramecium.

Al microscopio si possono vedere solo quelle laterali che sporgono dalla cellula. Esse si muovono avanti e indietro come remi, facendo così nuotare l'animale. Mentre avanza, il paramecio ruota su stesso lungo l'asse maggiore.

Quando incontra un ostacolo, le ciglia invertono il loro moto facendolo indietreggiare diagonalmente e cambiando la direzione.

All'interno del protozoo sono visibili due vacuoli di forma sferica che hanno la capacità di contrarsi. Essi hanno lo scopo di regolare la pressione interna della cellula e di espellere il cibo non digerito.

Ci sono anche numerosi altri vacuoli che svolgono funzioni digestive.

Ma gli organi più importanti sono il macro e il micro-nucleo. Contengono il patrimonio genetico e sono preposti alla riproduzione.

Quando il paramecio è pronto, i due nuclei si dividono, i semi-nuclei migrano ai lati della cellula che comincia a restringersi in senso trasversale assumendo la forma del numero otto. Poco a poco, la strozzatura diviene sempre più marcata finché si sviluppano due parameci identici a quello iniziale. I due animali nuotano in coppia mentre il legame che li unisce diviene sempre più sottile fino a spezzarsi del tutto. A questo punto, i due animalletti

iniziano una vita indipendente e presto saranno pronti, a loro volta, per una nuova riproduzione.



A sinistra, esempio di scissione; a destra, due parameci in coniugazione.

Tutto questo processo può essere seguito nel corso di una sola seduta d'osservazione. Dovrete solo avere cura di aggiungere una piccola quantità d'acqua, per evitare che la vostra goccia si essicchi completamente. Proverete l'emozione d'essere testimoni della vita che nasce.

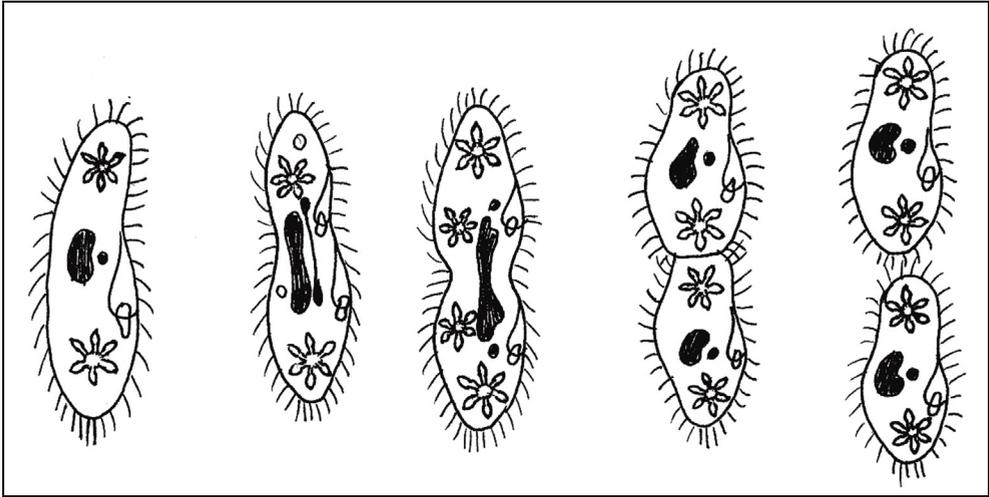
In alcuni casi, i parameci si uniscono a due a due. Restano accoppiati per molte ore in un processo detto "*coniugazione*" nel corso del quale non nascono nuovi individui, ma avviene uno scambio del patrimonio genetico da uno all'altro. Quando si separano, gli animalletti interessati tornano alla vita di sempre ed alla consueta riproduzione per scissione.

Molto probabilmente, la coniugazione è un accorgimento che la natura ha adottato per assicurare alla specie una maggiore variabilità genetica e con essa maggiori opportunità di sopravvivenza.

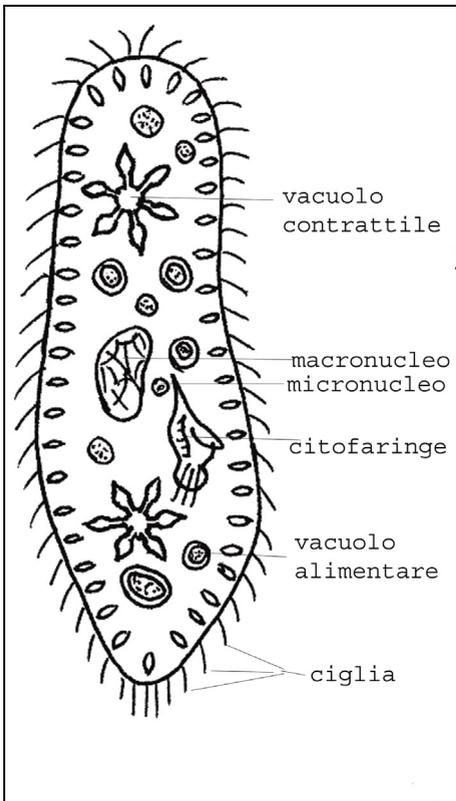
Essi si nutrono prevalentemente di batteri che spingono, grazie alle ciglia, in un'apertura detta *citostoma*.

Coltivare una coltura di parameci nel laboratorio domestico è molto semplice; basta aggiungere qualche pezzo di cavolo navone essiccato o una goccia di latte ogni due, tre giorni.

I parameci si muovono molto velocemente, quindi è molto difficile seguirli nel campo del microscopio. Un accorgimento utile per aggirare l'ostacolo è di aspettare che la goccia d'acqua evapori un po'. Allora gli animalletti cominceranno a nuotare sempre più lentamente fino a fermarsi del tutto. Quello sarà il momento migliore per esaminarli con attenzione. Sarà allora possibile vedere bene il nucleo e le contrazioni ritmiche dei vacuoli. Inoltre potrete spingere il vostro microscopio al massimo ingrandimento per osservare meglio i minimi dettagli.



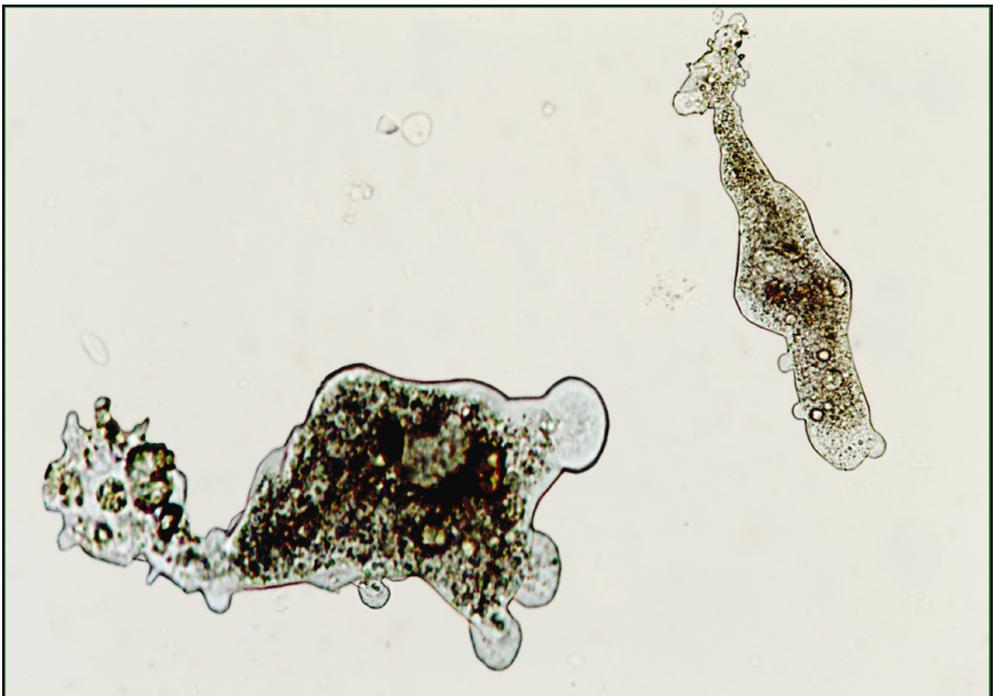
Riproduzione asessuata del paramecio.



LE AMEBE

Quando per la prima volta, vi capiterà di vedere un'ameba, non crederete ai vostri occhi. Essa è, infatti, un animaletto straordinario e strano.

Nel mondo "normale" non esiste essere vivente cui paragonarla. Sembra una goccia di gelatina che scivola lentamente sulla superficie di un vetro. È costituita da una sola cellula e le sue dimensioni, variabili da specie a specie, sono molto ridotte, pochi micron per le più piccole, alcune decine per le più grandi. La caratteristica principale di questo curioso essere vivente è che la forma del suo minuscolo corpo varia continuamente. Può presentarsi rotondeggiante, poi assumere la forma di una medusa per diventare, pochi secondi dopo, molto simile alla clava del mitico eroe Ercole. Essa si muove estroflettendo delle appendici d'aspetto tentacolare chiamate *pseudopodi*, cioè "falsi piedi", con i quali si muove alla ricerca di cibo.



Due esemplari di *ameba*, il più curioso tra gli abitanti del microcosmo. 100x.

Si nutre di batteri, alghe e piccoli animali. Quando incontra qualcosa di buono da mangiare, circonda l'oggetto delle sue attenzioni con gli pseudopodi, ingloba la preda e, lentamente, l'assorbe; gli scienziati direbbero: "La fagocita".

Le parti non digerite sono poi espulse.

L'ameba vive nell'acqua, nei luoghi umidi, sul terreno, sulla corteccia degli alberi e, cosa che non vi farà troppo piacere, sui vostri denti, ove "pascola" inmandrie molto numerose.

Alcune amebe dei paesi tropicali possono causare una malattia detta, per l'appunto, amebiasi.



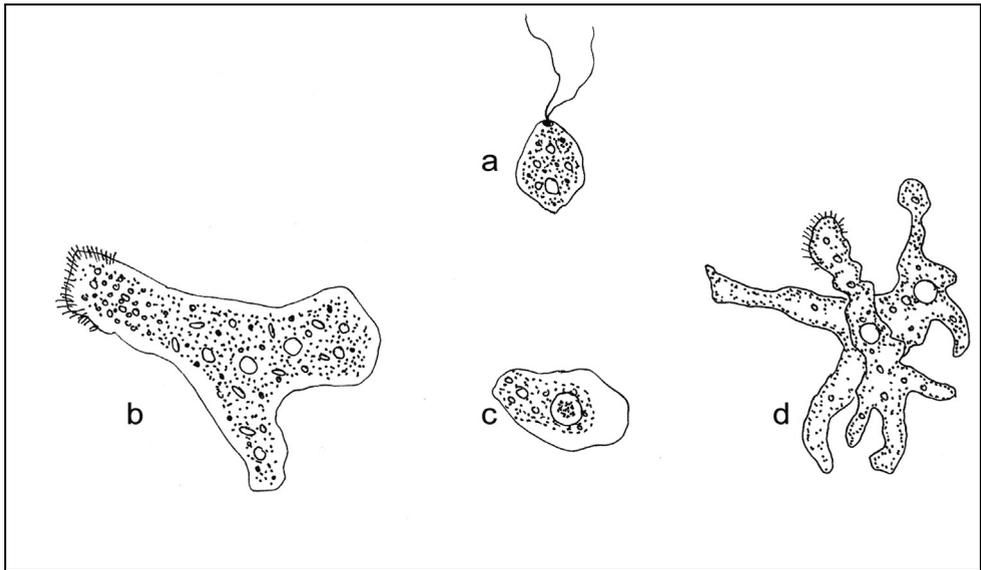
***Ameba* costituita da un solo pseudopodio, visibile una preda inglobata al margine posteriore. Sopra tre ciliati del genere *Coleps*. 200x.**

Non è detto che possiate fare la conoscenza con quest'eccentrico personaggio, con molta facilità. A volte passano settimane senza che si riesca a vederne una, ma quando capita la goccia fortunata, allora il divertimento è assicurato.

L'osservazione è agevole perché l'ameba sia muove molto lentamente. La difficoltà maggiore è data dal fatto che, essendo relativamente trasparente, si presenta con poco contrasto rispetto allo sfondo.

I microscopisti esperti la rendono ben visibile facendole assorbire delle sostanze coloranti o utilizzando un particolare microscopio detto "a contrasto di fase".

Le probabilità di osservare un'ameba aumentano se si ha cura di raccogliere con l'acqua anche un po' del limo presente sul fondo degli stagni o raschiando la superficie dello stelo delle piante acquatiche.



Vari tipi d'amebe: a) *Naegleria aquatilis*; b) *Tricha moeba cerulea*; c) *Vahlkampfia mira*; d) *Chaos diffluens* (*Amoeba proteus*).

LE TECAMEBE

Sono parenti strette delle amebe dalle quali si differenziano, perché vivono sotto una specie di rotonda “conchiglia” ad una sola valva, la cui forma ricorda un vetrino da orologio.

Alcune specie rinforzano la teca includendovi vari materiali raccolti nel loro ambiente.

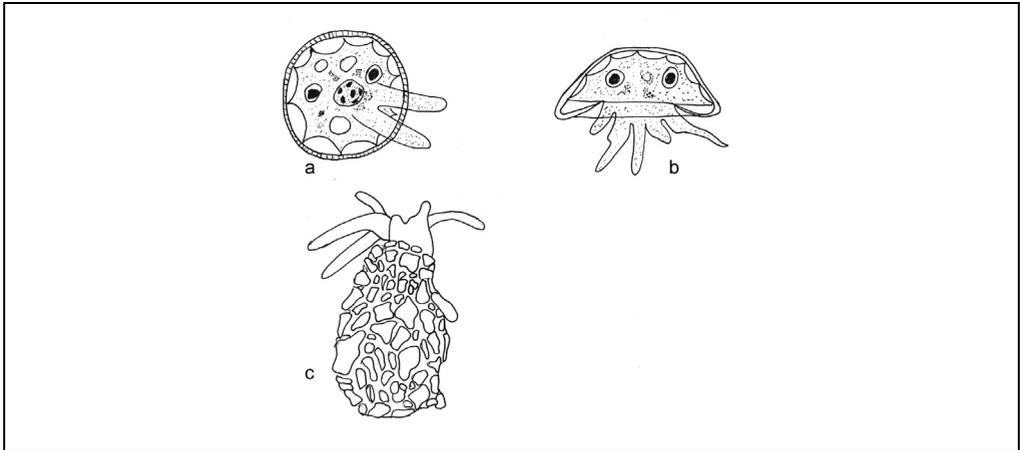
Sono animali unicellulari e predatori; cacciano flagellati, batteri, diatomee e ciliati. Oltre a vivere in acqua dolce (sono poche le specie marine), abitano sul terreno umido e nei muschi. È abbastanza frequente trovare le teche vuote, perché esse sono molto resistenti.

Le loro dimensioni variano da una ventina a duecentocinquanta micron. Quindi, sono facilmente osservabili.

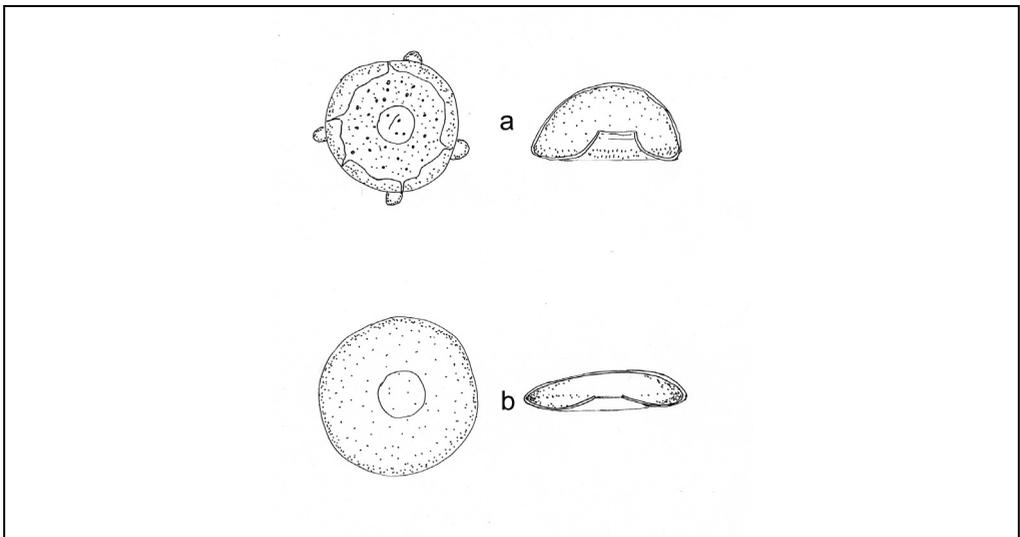


***Arcella megastoma*, ameba a vetro d'orologio. 300x.**

Disegni schematici di tecamebe



a) *Arcella vulgaris*, vista dall'alto; b) la stessa vista di lato; c) teca di *Euglypha strigosa*.



a) *Arcella vulgaris*, tecameba a forma di vetro d'orologio; b) *Arcella discoides*, teca molto piatta, debolmente arcuata.

GLI ELIOZOI

Chissà quante volte, al nostro lettore, sarà capitato di vedere un documentario sugli animali con un predatore in agguato, nell'attesa di afferrare una preda incautamente avvicinatasi.

Ebbene, anche nel mondo microscopico esistono prede e predatori.

Di quest'ultimi, uno dei più famosi è l'eliozoo.

Si tratta di un protozoo abbastanza comune, diffuso un po' dappertutto, ma più facilmente rintracciabile in autunno, la stagione in cui suole riprodursi.

Letteralmente, la parola eliozoo significa "animale Sole" per la somiglianza che esso ha con la nostra stella



Eliozoo, piccolo protozoo predatore a forma di "sole", il corpo sferico misura da 20 a 40 micron. I raggi, detti "assopodi" sono molto lunghi e servono sia per la locomozione sia per catturare le prede. Gli esemplari delle foto hanno catturato dei ciliati e li stanno fagocitando. Ingrandimento 300x.

Il corpo cellulare di questo microrganismo ha la forma sferica e da esso si diramano numerosi filamenti a forma di raggio detti assopodi. L'eliozoo è un feroce predatore delle acque stagnanti; se ne sta immobile nell'attesa della preda. Non appena una entra in contatto con i suoi assopodi, con uno scatto si attacca alla vittima, le inietta un veleno paralizzante, dopo di che, sempre con i suoi assopodi, inizia a succhiare il citoplasma della preda, che, nell'arco di alcune ore, sarà completamente fagocitata. Gli eliozoi non esitano ad attaccare prede assai più grandi di loro, come i parameci; in questo caso, nell'oculare del microscopio, si assiste a delle lotte feroci, tali da far invidia alla caccia dei felini predatori nelle savane. Nel corso delle nostre osservazioni abbiamo assistito alla disperata battaglia per la sopravvivenza di parameci catturati, lotta durata anche per cinque, dieci minuti. In qualche caso le prede sono riuscite, a prezzo di poderosi sforzi a liberarsi, ma, la maggior

parte delle volte, hanno dovuto soccombere e farsi divorare, lentamente, in una lunghissima agonia.

Non finisce qui, talvolta vari eliozoi si sono avvinghiati alla stessa vittima, ma la cosa più sorprendente è che un medesimo eliozoo può catturare tre o quattro prede contemporaneamente. Gli eliozoi sono capaci di questo ed altro.

Si nutrono di ciliati, rotiferi, flagellati e forme larvali di crostacei copepodi. Alcune specie, però, possono cibarsi d'alghe. La caratteristica principale degli eliozoi è costituita dai raggi (gli assopodi). Essi, oltre che un organo per la caccia, possono essere utilizzati nella locomozione. Al loro interno scorre il citoplasma; a forte ingrandimento lo si può osservare. Gli assopodi si possono considerare affini agli pseudopodi (falsi piedi). Possono essere ritirati e, poi, ricostituiti nell'animale.

La maggior parte degli eliozoi galleggia nell'acqua, in acque basse, tra i vegetali del fondo. Esistono, tuttavia, forme munite di peduncolo che assomigliano a certi fiori primaverili, volgarmente detti "soffioni".

Al pari di altri microrganismi, hanno la possibilità di superare momenti di difficoltà, mancanza di nutrimento o modificazioni ambientali sfavorevoli, trasformandosi in "cisti", uno stato particolare in cui la loro vita è rallentata, fino al ritorno di condizioni ottimali. Le funzioni vitali non si fermano del tutto, anzi, in alcuni casi, la fase di "cisti" può essere raggiunta per assicurare la riproduzione con un processo particolare detto autogamia, il cui studio è riservato a microscopisti molto evoluti.

Le dimensioni degli eliozoi sono molto variabili, potendo andare dai tre micron dei più piccoli ai novanta micron di quelli più grandi. Se dovesse capitarvi di rintracciare un eliozoo in una goccia ricca di altri protozoi, per esempio parameci, tenete sotto osservazione il vostro soggetto; se avrete pazienza, prima o poi, potrete assistere alla cattura di una preda. Avrete così modo di constatare che, in una piccolissima goccia d'acqua, valgono le stesse leggi per la sopravvivenza che operano nel mondo macroscopico della savana.

IL COLEPS

Al pari dell'eliozoo, anche il coleps è un famoso predatore delle acque stagnanti. E' un animaletto facilmente riconoscibile perché ha una forma caratteristica che ricorda una botte o un ananas. Le sue dimensioni tipiche sono comprese tra i 55 e i 65 micron. La forma a botte è data dalla sua corazza. Nuota molto velocemente ed è facile trovarne dei gruppi assai numerosi. Fondamentalmente è un cacciatore di ciliati, ma non disdegna gli animali morti, anche della sua stessa specie. Noi lo abbiamo visto attaccare, anche se senza successo delle euglene o delle amebe. Può cacciare da solo o in gruppo. Quando ha catturato una preda, ad una delle estremità compare una larga apertura boccale ampia come il diametro del suo corpo e ricca, ai bordi, di organelli triangolari molto affilati simili ai denti di una sega. Ruotando su se stesso, il coleps strappa pezzi del corpo della vittima che, rapidamente inghiotte. Nel microcosmo delle acque stagnanti è uno dei predatori più terribili. A nulla valgono le tricocisti, piccoli dardi "sparati" dalle sue vittime preferite, i parameci. Esse risultano innocue sulla dura corazza che protegge il nostro cacciatore.

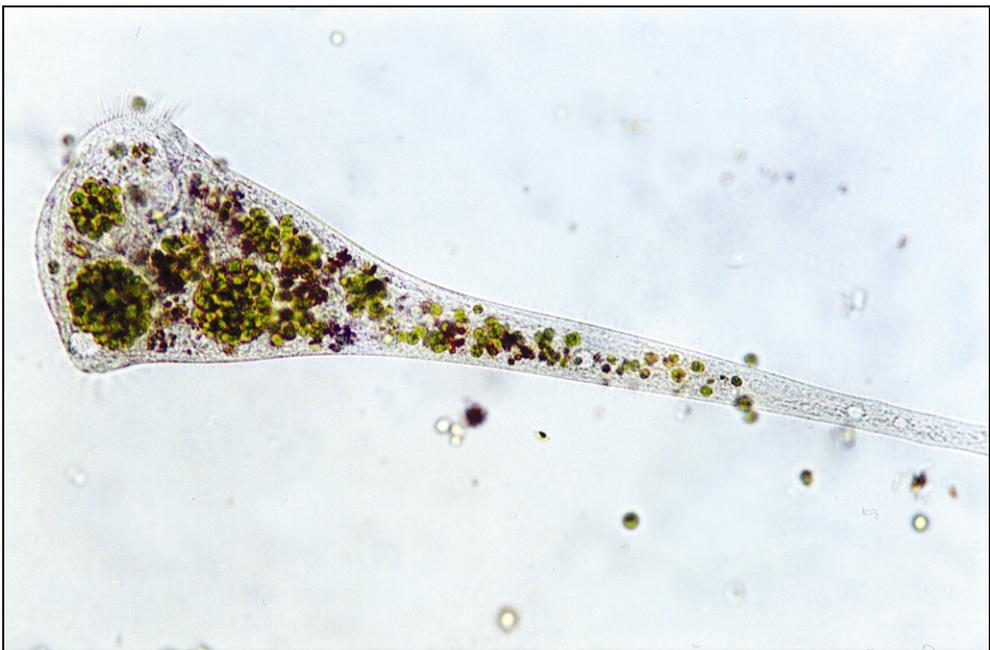


Microfotografia di coleps. 200x.

LO STENTOR

Un curiosissimo ospite delle acque stagnanti è lo stentor.

Si tratta di un grosso ciliato che usa le sue ciglia sia per nuotare che per procurarsi il cibo. E' dotato di una caratteristica che non mancherà di attirare la vostra attenzione: può variare aspetto passando da una forma ovoidale a quella di una lunga tromba (proprio come lo strumento musicale). Le sue dimensioni non sono costanti, potendo variare da 200 – 400 micron fino a raggiungere uno – due millimetri. Lo potrete, quindi, osservare con piccoli ingrandimenti, usando quelli maggiori per mettere in risalto il suo bellissimo apparato ciliare od il lungo nucleo, sede del suo patrimonio genetico, costituito da una lunga catena di elementi ovoidali che ricorda una collana di perle. Vive in acque contenenti molte sostanze nutritive. Spesso si fissa, con la sua parte posteriore, a vegetali o particelle sommerse.



***Stentor polymorphus*; visibili nell'endoplasma le alghe zoochlorelle che vivono in simbiosi col ciliato. 40x.**

In alcune specie, per esempio nello *stentor polymorphus*, vivono, in simbiosi nell'endoplasma, delle alghe chiamate zoochlorelle, che gli donano un magnifico colore verde smeraldo.

Lo *stentor igneus* è caratterizzato da un colore che varia dal rosa intenso, quasi rosso, al rosa tenue. Di colore grigio è, invece, lo *stentor roseli*. Quest'ultimo possiede un lungo nucleo, inarticolato, a forma di nastro.

Lo si trova spesso attaccato a piante acquatiche. Quando nuotano gli stentor si muovono molto velocemente e vi sarà difficile seguirli, ma se saprete aspettare, avrete modo di vederli immobili o quasi; allora potrete ammirarli in tutta la loro bellezza.

LA VORTICELLA

E' uno dei protozoi più curiosi delle acque stagnanti; ne esistono numerose specie diverse, tutte caratterizzate da una forma a campana. Sono dotate di un peduncolo che ha la capacità di contrarsi a spirale, ogni qualvolta un oggetto estraneo le disturba. Si nutrono di batteri che aspirano con un movimento rotatorio delle loro ciglia. Si possono trovare in colonie, ma esistono anche forme solitarie. La riproduzione avviene sia per scissione, sia per via sessuale. In questo secondo caso si staccano dal loro peduncolo, nuotando velocemente qua e là con la parte posteriore in avanti.



Una colonia di *Vorticella microstoma*. 200x.

LO SPIROSTOMUM

E' un animaletto di aspetto vermiforme, comune nelle acque dolci stagnanti. Ha la forma allungata e le sue cospicue dimensioni, da 150 a 800 micron, ne consentono l'osservazione con ingrandimenti molto bassi. Possiede un macronucleo composto di vari elementi ovoidali che gli conferiscono l'aspetto di una catenella. Possiede anche molteplici micronuclei isolati. Il corpo è coperto di ciglia e la presenza di mionemi gli consente di avere rapide e curiose contrazioni. Lo si può trovare in esemplari isolati, ma quando le condizioni sono favorevoli al suo sviluppo è presente in forma massiva ed i vari esemplari si raggruppano formando degli pseudo-gomitoli. Nuota velocemente; un piccolo trucco per ben osservarlo consiste nell'aspettare che la goccia, sotto il copri-oggetto, si prosciughi. Allora l'osservazione sarà più agevole e si osserverà, con facilità, la sua capacità di contrarsi. Attendendo ancora, la mancanza d'acqua ed il peso del copri-oggetto lo faranno, letteralmente, scoppiare, ma voi non siate così scorretti da arrivare a questo punto!



Una forma particolare, lo *spirostomum ambiguum*, tipico dei pantani, detiene il record per la grandezza nella categoria; può, infatti, raggiungere la lunghezza di 4,5 millimetri.

I mionemi presenti tra le ciglia lo rendono estremamente contrattile e flessibile. Se striscia sul substrato lo fa in modo lento, ma nel nuoto è velocissimo. Si nutre di alghe e batteri. Lo si può trovare in acque inquinate su foglie marcescenti. Possiede un lungo nucleo a forma di collana di perle che attraversa quasi tutto il corpo in senso longitudinale.

MICROORGANISMI PLURICELLULARI

Avete un'idea di quanto sia vasto e variegato il mondo animale? Tutti noi siamo abituati a pensare in grande, a partire dai mammiferi come noi o, ancora più in generale, i vertebrati, cioè tutte quelle specie che sono dotate di colonna vertebrale.

Gli zoologi, coloro che si occupano di studiare e classificare gli animali, hanno descritto fino ad oggi oltre 1,5 milioni di specie differenti, di cui più del 95% sono invertebrati.

Come distinguere un animale da un vegetale? Mentre le piante si autoalimentano sintetizzando la clorofilla grazie all'irraggiamento solare, gli animali sono costretti a muoversi, a cacciare le prede oppure a cercare luoghi dove la vegetazione sia rigogliosa per trovare da mangiare e perciò sopravvivere. In definitiva tutti gli animali sono dotati di muscoli e di un sistema nervoso che consentono loro di spostarsi e mettere in atto strategie per trovare il cibo



Microfotografia di anellidi d'acqua dolce. 40x..

La classificazione moderna del regno animale è costituita da 30 gruppi principali detti "*phyla*": i membri di ogni gruppo hanno in comune un antenato ovvero una specie che aveva caratteristiche rimaste in ciascuno dei discendenti. Insomma sono "parenti" perché in qualche modo si assomigliano.

Un semplice microscopio ottico è in grado di farci conoscere molti rappresentanti del mondo animale che di solito non riusciamo a vedere solo perché hanno dimensioni piccolissime, appunto microscopiche. Questi “animaletti” fanno parte a pieno diritto dei suddetti gruppi e, oltretutto, hanno forme e comportamenti dettati dall’ambiente che appaiono molto curiosi e interessanti da seguire e studiare. Conosciamo allora più da vicino, attraverso una descrizione semplificata e qualche disegno, alcune di queste specie.

Anellidi

A questa famiglia appartengono “personaggi” conosciuti da tutti: ad esempio lombrichi e sanguisughe. Abbiamo già capito che nella stessa famiglia convivono animali terrestri e acquatici o marini.

Si tratta di animali che hanno la forma dei vermi. Infatti, sono costituiti da una serie più o meno numerosa di anelli o segmenti anulari, detti *metameri*. Proprio come i vagoni di un treno ogni metamero è attaccato a quello che lo precede, a formare una specie di catena: ogni *metamero* è uguale all’altro, tranne i primi due e l’ultimo, cosicché si potrebbe immaginare di scambiarne la posizione, esattamente come succede con i vagoni di un treno, senza modificare la forma dell’anellide.

Molto interessante è il ciclo biologico degli anellidi marini: essi si sviluppano a partire da una larva che è chiamata *trocofora*.

La *trocofora* è molto piccola, misura meno di un millimetro, e ha forma tondeggiante, perciò ben diversa dall’adulto. Ben presto però la larva comincia a costruire i *metameri* che le fanno assumere una forma poco a poco, sempre più vicina a quella di un bastoncino e perciò all’anellide maturo.

La capacità di costruire nuovi *metameri* permane a questi animali per tutta la loro vita. Per questo motivo se un anellide è tagliato in due, le due parti sono perfettamente in grado di sopravvivere e condurre un’esistenza autonoma.

Questi animali vivono sprofondati nel terreno oppure sul fondo del mare dove scavano gallerie e si proteggono dall’aggressione di altre specie.



Particolare di anellide *Aelosoma Variegatum*, i puntini giallo- arancio sono gocce d'olio secrete dall'animale. Lunghezza reale da 1,5 a 4 mm. 200x.

Copepodi

Questa specie è molto comune, tanto da poterla rintracciare in una qualsiasi raccolta di acqua, sia salmastra sia dolce. Si tratta quindi di una specie acquatica.

I copepodi costituiscono da soli circa il 60% della massa di plancton di cui si nutrono pesci e i cetacei. Sono animali microscopici che conservano durante tutta la loro vita caratteristiche morfologiche presenti nella larva da cui hanno origine: per esempio hanno un solo occhio. Vivono nella maggior parte dei casi in acqua anche se si possono trovare alcune forme che sopravvivono nei muschi, in condizione di sufficiente umidità.

I copepodi hanno larga diffusione: sono presenti in tutti i grandi oceani così come nei piccoli mari e nelle raccolte di acque dolci, tanto artici che antartici, temperati e tropicali.

I segmenti che costituiscono il corpo sono undici, ma a scopo didattico è bene suddividere in tre regioni la struttura di un esemplare dei copepodi: testa, torace ed addome.

Il capo è la parte più estesa: su di esso si inseriscono antenne ed antennule che servono a nuotare e come organi sensoriali, mentre più in basso si trova un apparato simile ad una bocca dotato di mandibole.

Il torace è costituito da quattro o cinque segmenti generalmente saldati l'uno con l'altro, sui quali si innestano delle appendici che hanno funzione di zampe. Di solito le zampe sono sfruttate per movimenti lenti dell'animale, mentre le antenne servono ad effettuare spostamenti rapidi.



Uno dei copepodi più comuni: il *Cyclops*, così chiamato perché possiede un solo occhio.

L'addome è rappresentato dagli ultimi cinque segmenti e contiene gli apparati genitali e, sulla parte finale dell'ultimo, l'apparato escretore.

La famiglia dei ciclopidi, di cui fa parte il genere cosiddetto *cyclops*, costituisce un esempio di copepodi facilmente reperibile in acqua dolce. Vivono di preferenza in stretta connessione con alghe e sui fondali.

Nematodi

Sono molti gli studi che i ricercatori hanno condotto riguardo alla vita e alle caratteristiche biologiche della specie dei nematodi. Questo interesse è dovuto al fatto che si tratta di animali parassiti per l'uomo: perciò è molto importante conoscere la loro forma, le dimensioni, le abitudini e l'ambiente e il modo in cui si riproducono. Il corpo dei nematodi è generalmente di forma cilindrica, con le estremità affusolate e non presenta alcuna appendice: solo qualche specie è munita di setole anteriori, mentre altre hanno la superficie

del corpo attraversata da solchi che simulano una suddivisione in anelli. Il colore è generalmente bianchiccio, ma molte specie sono incolori, praticamente trasparenti. I nematodi sono di due specie: i cosiddetti nematodi a vita libera e i parassiti. Le specie libere vivono prevalentemente nel terreno, soprattutto se umido a sufficienza: in questo habitat essi sono una delle specie più numerose e rivestono un ruolo importante nell'ecologia del sistema. E' stato calcolato che una palettata di terra da giardino generalmente contiene circa un milione d'individui.



Microfotografia di *nematode*. 100x.

I nematodi del terreno appartengono a quella categoria di esseri viventi detti *geoidrobios*, ovvero coloro che passano gran parte della loro esistenza all'interno della pellicola d'acqua che circonda le particelle solide. Ci sono altre specie che prediligono invece il fango presente sul fondo degli specchi d'acqua e altre ancora che sono marine.

Un rappresentante curioso e interessante tra i nematodi a vita libera è la cosiddetta anguillula dell'aceto, nome scientifico *turbatrix acetii*, capace di vivere in un ambiente così particolare come l'aceto.

Le specie parassite, come gli ascaridi, sono specializzate nel danneggiare un organo o un tessuto dell'individuo che le ospita: questa attività viene svolta migrando da una zona all'altra dell'organismo colpito dai parassiti finché non è stato individuato il luogo migliore dove attecchire.

Ostracodi

L'osservazione al microscopio di campioni di acqua dolce può portare ad imbattersi in qualche esemplare di ostracode. Si tratta di animali che in origine erano presenti solo in acque marine, solo in una fase successiva hanno colonizzato acque dolci. Essi raggiungono lunghezze di 2 o 3 mm al massimo alle nostre latitudini, ma in zone sud-africane si arriva fino ad 8 mm.

Gli ostracodi hanno forma pressoché ovoidale. Dal punto di vista anatomico il corpo può essere suddiviso in capo e tronco. Il capo porta antenne ed occhi, mentre il tronco ha delle appendici che hanno forma di zampe articolate.

La colorazione degli ostracodi è variabile da un esemplare all'altro; essa infatti può passare dal giallo all'arancio, al rosso, al bruno, al nero e al verde.



Microfotografia di un ostracode. 40x.

La riproduzione di questi animali è legata ai cicli delle stagioni e registra un arresto durante il periodo freddo, per cui d'inverno sarà più difficile poter rilevare la presenza di ostracodi nelle acque.

I ROTIFERI

Tra i primi microrganismi che il principiante potrà osservare in una goccia d'acqua, quasi sicuramente, ci saranno i rotiferi. Questi animaletti, infatti, li possiamo trovare in quasi tutte le acque: nei laghi, negli stagni, nelle pozzanghere, nelle grondaie, nel muschio degli alberi e in molti altri posti umidi. Ne esistono anche alcune specie marine, ma la maggioranza popola le acque dolci.

I rotiferi sono organismi pluricellulari, anche se a volte più piccoli di alcuni unicellulari, e costituiscono un *phylum* a sé stante. La loro lunghezza può variare da 0,1 a 1 mm e il loro corpo è composto di circa 1000 cellule.



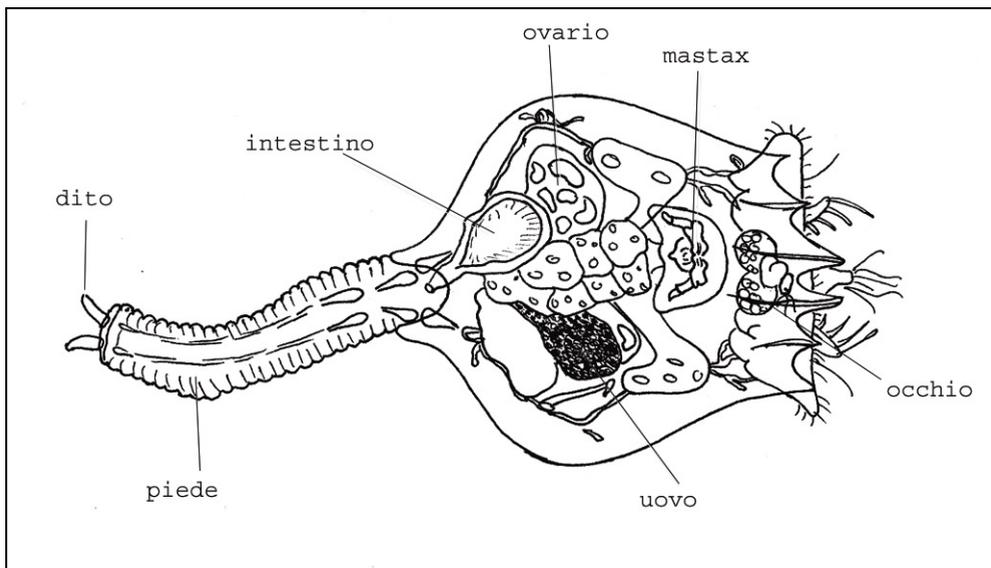
**Rotifero corazzato del genere *Brachionus*, dimensioni da 90 a 200 micron.
Ingrandimento 100x**

Le forme dei rotiferi sono così varie che non si può farne una descrizione generica, se non per un particolare che li accomuna tutti: un disco retrattile ciliato detto **corona**, che, in movimento, ricorda due ruote giranti. Quest'apparato ha una duplice funzione: consente il movimento dell'animale e, quando è attaccato a qualche superficie con il "piede" che

secerne una secrezione cementante, crea un vortice che trascina particelle alimentari e animalletti direttamente dentro la sua bocca. Il cibo, dopo essere passato dalla bocca, arriva ad un apparato masticatore chiamato **mastax**, di solito ovale, molto muscoloso e caratteristico di tutti i rotiferi.

Possiedono organi interni che, anche se semplici, sono assolutamente funzionali e nelle nostre osservazioni al microscopio potremo identificarli esattamente, attraverso i loro corpi trasparenti, naturalmente con l'aiuto di un disegno con le indicazioni delle varie parti.

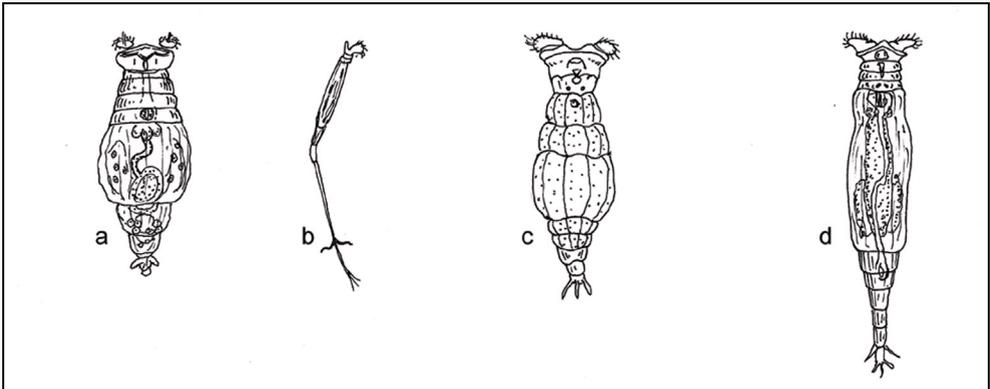
Potremo vedere il tratto digerente, a volte di colore verde, altre volte arancio, rosso o bruno. Molto facilmente vedremo le uova dentro il corpo della femmina, che saranno in numero maggiore o minore, secondo che l'ambiente sia più o meno adatto alla vita dei rotiferi. Se le condizioni sono ottimali, se ne potrà osservare quattro, cinque o anche sei.



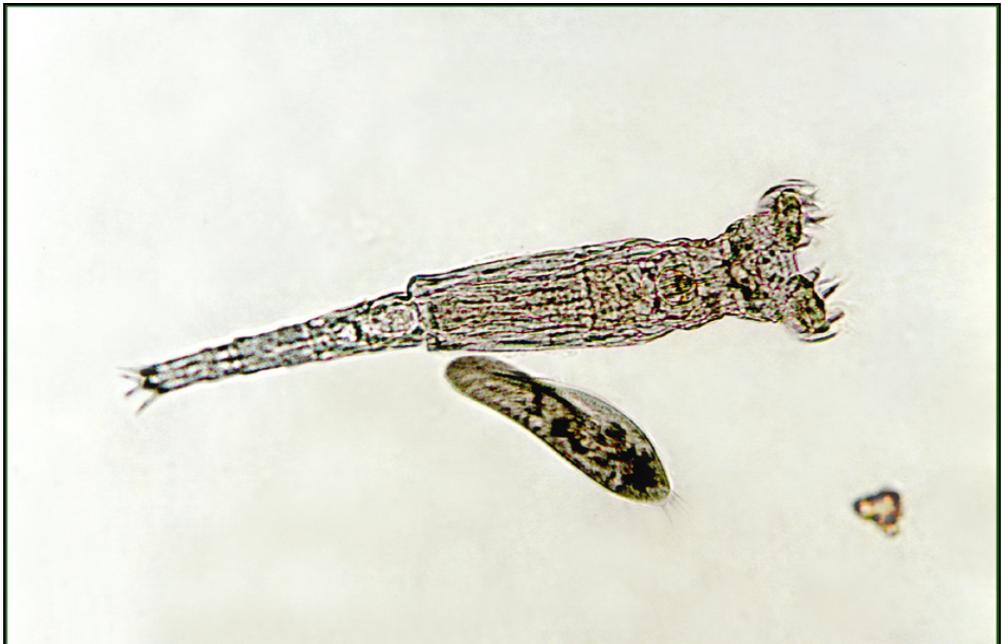
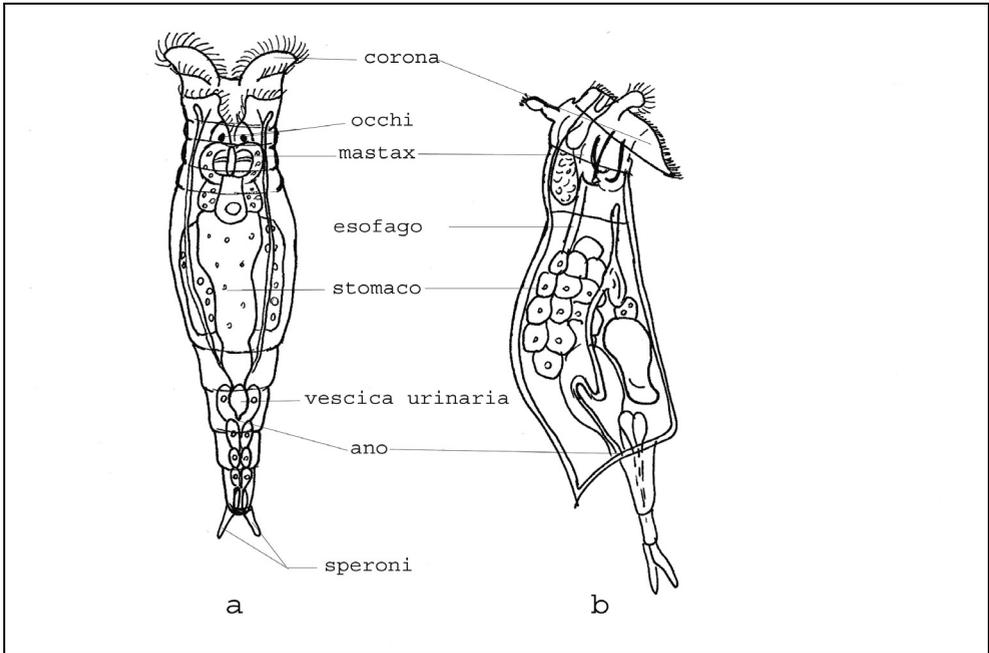
La popolazione dei rotiferi, come avviene per molti microrganismi, è costituita da quasi tutte femmine che si riproducono per partenogenesi. Le uova si sviluppano senza essere fecondate e danno origine ad altre femmine, fino a che le condizioni ambientali sono buone; quando diventano sfavorevoli, esse producono uova da cui nasceranno maschi, la cui breve vita sarà destinata alla fecondazione. Le uova fecondate dai maschi potranno affrontare condizioni anche molto sfavorevoli senza subire danneggiamenti. In alcune specie di rotiferi non sono mai stati osservati maschi.



Rotifero Philodina mentre si sta "incistando" per sopravvivere in un ambiente diventato ostile. Ingrandimento 200x.



a) *Mniobia magna*; b) *Rotaria neptunia*; c) *Dissotrocha aculeata*; d) *Philodina roseola*.

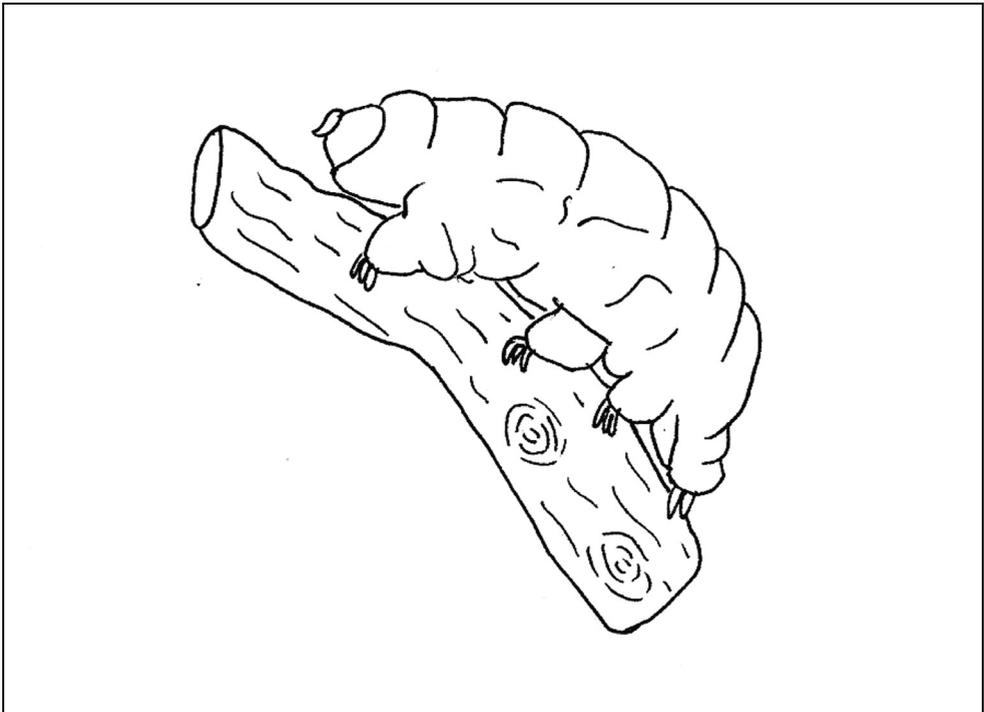


Rotifero genere *Philodina* con protozoo *Paramecium*, ingrandimento 100x.

IL TARDIGRADO

Potremmo definirlo, senza esagerare, l'animale delle meraviglie, perché la sua resistenza e le sue capacità di sopravvivenza vanno oltre la nostra immaginazione. Ma andiamo per gradi.

All'inizio del 1700 il fondatore della microscopia, l'olandese Anton Van Leeuwenhoek prese un po' di muschio secco da un vaso da fiori, lo diluì con un po' d'acqua pura e cominciò le sue osservazioni. Dopo qualche tempo vide, con gran meraviglia, che quelli che, ai suoi occhi, erano apparsi come granelli rinsecchiti, avevano iniziato a gonfiarsi e a muoversi. In breve, delle particelle insignificanti si erano trasformate in minuscoli e graziosi animaletti che vagavano qua e là nella miniforesta del muschio bagnato. Si muovevano con una buffa andatura sulle loro quattro paia d'appendici che servivano da zampe. Sembravano dei porcellini lillipuziani.



Leeuwenhoek era il primo uomo ad aver visto un tardigrado.

Nel mondo della moderna zoologia essi rivestono un ruolo di grande importanza ed il loro studio potrebbe portare ad importanti innovazioni in medicina, in particolare nelle tecniche di conservazione degli organi per trapianti.

I tardigradi fanno parte di una famiglia che comprende oltre 700 specie diverse. Oltre ad avere quattro paia di arti, possiedono, sulla parte anteriore, delle sottili escrescenze simili a piccole lame con le quali forano i vegetali per cibarsi del loro contenuto. Poiché riescono a sopravvivere in condizioni estreme, si sono diffusi in tutti gli ambienti della terra, tanto che è possibile trovarli sul fondo degli oceani e sulle vette delle più alte montagne.

Quando le condizioni ambientali diventano loro ostili, essi producono uno zucchero, il *trealosio* che occupa il posto dell'acqua all'interno delle membrane cellulari del loro corpo. Dopo di che il loro metabolismo si arresta e, in queste condizioni di vita sospesa, possono sopravvivere per decenni, forse anche per un secolo per tornare poi "in vita" non appena l'ambiente diventa compatibile con le loro necessità.

Le capacità di reazione dei tardigradi alle avversità sono molteplici: oltre al processo appena descritto per reagire alla mancanza d'acqua, essi possono sviluppare uno stato di *anossibiosi* se manca l'ossigeno, uno di *criobiosi* per reazione ad un brusco calo di temperatura, di *osmobiosi* cioè un blocco degli scambi cellulari, se c'è un improvviso aumento di salinità, di incistamento, come reazione a variazioni lente del proprio ambiente.

Recentemente, alcuni scienziati nipponici hanno preso il cuore di un topo, lo hanno cosperso con trealosio, ricoperto con silicone e congelato a -4°C . Dopo dieci giorni l'organo è stato rianimato ed è tornato a battere regolarmente. Si cerca ora di applicare questa tecnica alla conservazione degli organi umani.

Se un giorno ciò sarà possibile, lo dovremo al tardigrado, questo piccolo, umile porcellino dei muschi che sa sopravvivere ai 450°C sopra zero, 200°C sotto zero ed ad una pressione di 6.000 atmosfere.

Il microscopista dilettante, prima o poi finirà per incontrare questo simpatico animaletto, ma se l'attesa dovesse prolungarsi, provate a ripetere l'esperimento di Leeuwenhoek: prendete un po' di muschio, aggiungete acqua pura e poi state a guardare.

I TURBELLARI

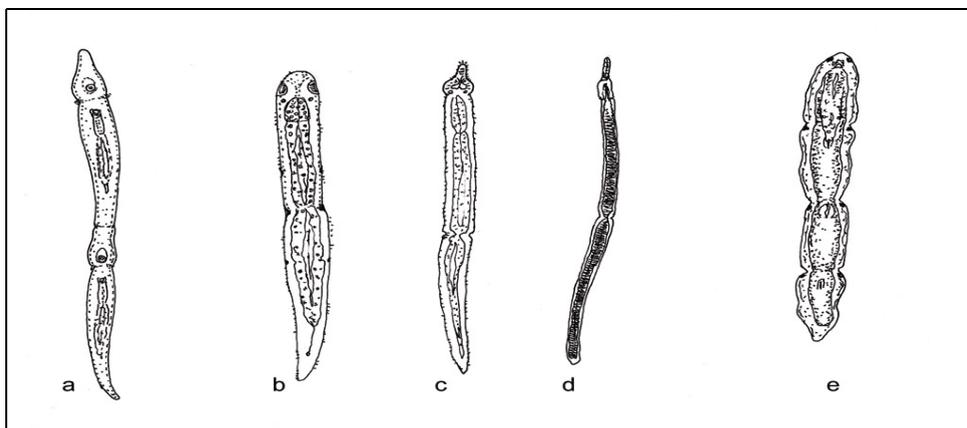
Sono animali d'aspetto vermiforme, pluricellulari.

Da un punto di vista microscopico sono molto lunghi, anche diversi millimetri, quindi assai facili da osservare anche a bassi ingrandimenti.

Presentano un'organizzazione interna già complessa; possiedono, infatti, bocca, intestino, un primitivo sistema renale, rudimentali occhi, sono, però, privi della cavità anale, perciò i residui del cibo non digerito sono espulsi dalla bocca.

Una loro curiosa caratteristica è il fatto di essere *ermafroditi*, ogni individuo possiede sia gli organi di riproduzione maschili, sia quelli femminili. Le specie capaci di autofecondarsi sono, tuttavia, poche e la riproduzione avviene più comunemente, con l'accoppiamento fra esemplari sessualmente maturi. I loro spermatozoi hanno due flagelli.

I turbellari appartengono al gruppo dei *platelminti*, parola che significa "vermi piatti". Vivono in numerosi ambienti, prevalentemente sono marini, ma assai diffusi in acque dolci (quelle che c'interessano) e vi sono forme terrestri, alcune gigantesche; esistono *planarie* lunghe 60 cm.



Turbellari d'acqua dolce: a) *Catenula lemnae*; b) *Stenostomum leucops*; c) *Stenostomum unicolor*; d) *Rhynchoscolex simplex*; e) *Microstomum lineare*.

Le forme d'acqua dolce prediligono la sabbia o la melma del fondo, stanno sotto le pietre.

Laghi, stagni, ruscelli e fonti naturali sono i luoghi ove si possono trovare. Hanno la capacità di nuotare, le forme più grandi sono striscianti sul lato ventrale. Ricavano la spinta propulsiva dalle ciglia di cui sono dotati. Attenzione, però, ciò non significa che siano assimilabili ai protozoi ciliati unicellulari.

I turbellari sono, prevalentemente, predatori. Cacciano protozoi, piccoli crostacei, rotiferi, anellidi. Abbiamo osservato una specie particolare lo *stenostomum unicolor* mentre cacciava. E' stato come vedere uno squalo. L'animale nuotava molto velocemente nella piccola goccia d'acqua, per poi fermarsi improvvisamente nell'atteggiamento del predatore in attesa della vittima. E quando una di queste si è incautamente avvicinata, il turbellare ha spalancato il largo citostoma (la bocca), inghiottendo la preda che, per alcuni minuti, ha continuato a dibattersi, disperatamente, all'interno dell'apparato digestivo, in cerca di una possibile via di salvezza. Poi gli enzimi digestivi hanno preso il sopravvento e la vittima è stata digerita.



Il turbellare *Stenostomum unicolor*. 40x.

Tutto ciò è stato osservabile perché, al microscopio, il corpo dei turbellari è trasparente ed è possibile vedere perfettamente gli organi interni. Abbiamo assistito ad un curioso episodio una volta in cui un rotifero, inghiottito, si è dibattuto con così tanta energia da obbligare il cacciatore a rigurgitarlo. Dopo di che, il piccolo animaletto corazzato ha ripreso la sua normale attività come se nulla fosse accaduto.

I turbellari sono molto diffusi e differenziati, in Europa se ne conoscono circa 300 specie. Vi sarà facile riconoscerne l'appartenenza al gruppo. Stabilire, invece, le singole specie è un lavoro da specialisti. Non esistono testi completamente esaurienti sull'argomento in lingua italiana.

Una notevole caratteristica di questi vermi piatti è che possono riprodursi per divisione trasversale da un individuo base, per questo si possono osservare catene con numerosi esemplari in via di sviluppo, ancora uniti tra loro, lunghe fino a cinque millimetri.

Se si prende un turbellare e si taglia trasversalmente, in più pezzi, esso non morirà, ma i segmenti tagliati riprodurranno le parti mancanti, siano esse la testa o la coda, fino a ritornare al loro completo aspetto iniziale. In parole povere, non hanno bisogno del trapianto di organi, sanno ricostruirseli da soli.

Un piccolo trucco per trovare turbellari con facilità consiste nel raccogliere una piccola quantità di fango, detriti e foglie marcescenti, sul fondo di uno stagno, presso la riva.

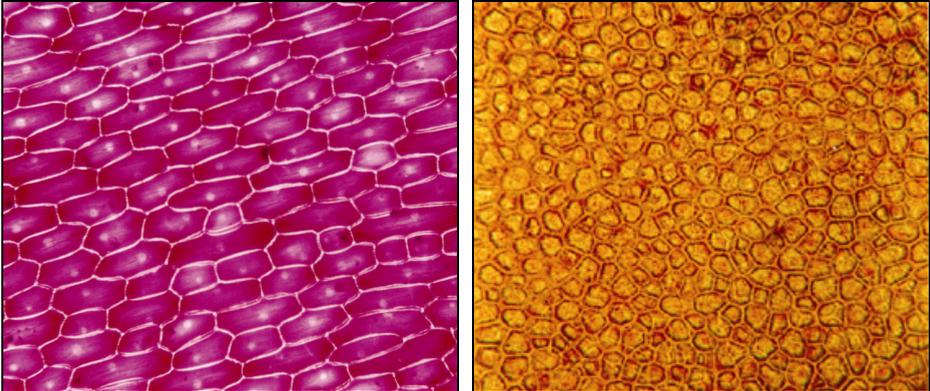
Si aggiungono due o tre centimetri di acqua nel contenitore di vetro ove avremo raccolto il materiale, poi provvederemo a riscaldare il tutto, dal basso, aumentando lentamente la temperatura di 10 o 15 gradi. Allo scopo si dovrà eseguire il necessario controllo con un termometro. Gli animaletti cercheranno di sfuggire al calore, riversandosi nell'acqua che potrà essere raccolta con una pipetta. A questo punto, si potrà trasferire il liquido raccolto in un secondo barattolo di vetro, ove avremo cercato di costruire un ambiente adatto alla loro sopravvivenza. Volendo, si potrà procedere immediatamente all'osservazione microscopica.

LA CELLULA VEGETALE

La cellula vegetale differisce da quella animale per la presenza di un involucro spesso e resistente che la racchiude: la parete cellulare.

Osservando una cellula vegetale al microscopio è possibile individuare le seguenti parti principali:

1. La **parete cellulare** viene costruita lentamente dalla cellula: è sottile e flessibile quando la cellula è giovane, mentre diventa spessa e rigida quando la cellula invecchia. Essa è prevalentemente costituita da cellulosa. La parete è attraversata da microscopiche gallerie che permettono il passaggio di sostanze da una cellula all'altra.
2. Internamente, a contatto con la parete, troviamo la **membrana cellulare**, che è sottile ed elastica e possiede dei sottilissimi fori che sono in corrispondenza delle gallerie della parete e che permettono di comunicare con le cellule vicine. La membrana cellulare è semipermeabile, perché lascia passare solo alcune sostanze disciolte in acqua.



A sinistra cellule di cipolla, a destra di pomodoro.

3. All'interno di una cellula troviamo poi un composto gelatinoso, il **citoplasma**, che è in gran parte composto da acqua contenente sali minerali ed altre sostanze. All'interno di esso troviamo vari organuli cellulari tra cui i cloroplasti, i mitocondri, i ribosomi e i vacuoli.

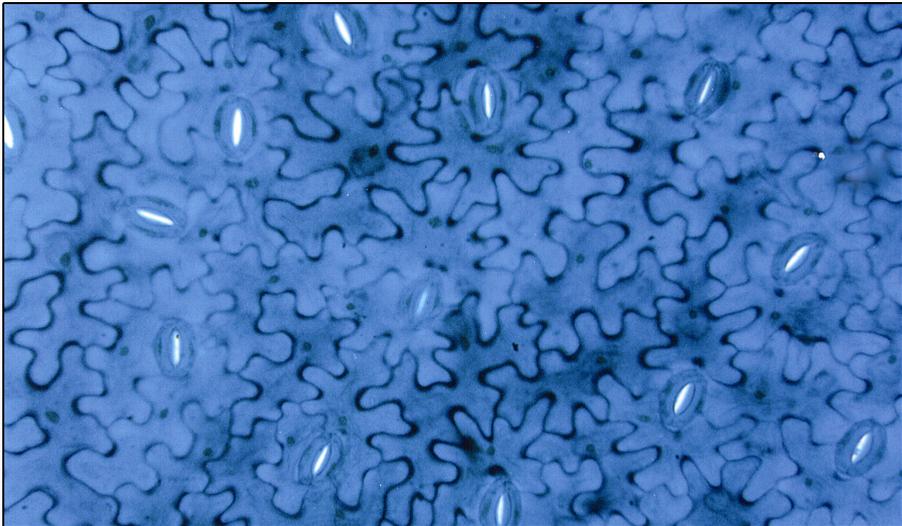
I **cloroplasti** hanno forma ovale e sono di colore verde per la presenza di clorofilla, che è una sostanza capace di sfruttare la luce del sole per produrre nutrimento (**fotosintesi clorofilliana**).

I **mitocondri** sono le “centrali elettriche” della cellula, in essi, infatti, il nutrimento prodotto dai cloroplasti viene sfruttato per produrre l’energia necessaria alla vita della cellula (**respirazione cellulare**).

I **ribosomi** sono le “fabbriche” chimiche della cellula: l’energia prodotta dai mitocondri è sfruttata per produrre le sostanze necessarie alla costruzione, all’accrescimento ed alla riproduzione della cellula.

I **vacuoli** sono formazioni vescicolose che contengono sostanze prodotte dalla cellula o introdotte dall’esterno.

I vacuoli sono piccoli nelle cellule giovani e tendono a confluire tra loro, fino a formare un grosso unico vacuolo centrale nelle cellule adulte.



Cellule di foglia, le strutture bianche e ovali sono gli stomi.

4. Il **nucleo** è la centrale di comando della cellula: dirige il nutrimento, l’accrescimento e la riproduzione cellulare. Esso è racchiuso in una sottile membrana detta nucleare, che ha molti fori che fanno passare le sostanze dal nucleo al citoplasma e viceversa.



Sezione di ago di pino ottenuta con microtomo, lo strumento che serve ad ottenere sezioni sottili (pochi micron) di un preparato da osservare.

Nell'interno del nucleo si trova una sostanza detta **cromatina**. Quando la cellula sta per riprodursi, la cromatina appare organizzata in un numero definito e costante di filamenti, i **cromosomi**. La cromatina è composta di acido nucleico detto **DNA** (acido desossiribonucleico). All'interno del nucleo si trovano anche uno o più corpiccioli tondeggianti, i **nucleoli**, che contengono un altro tipo di acido nucleico, l'**RNA** (acido ribonucleico).

Le piante si prestano bene all'osservazione al microscopio; occorre però conoscere le tecniche per ottenere sezioni sottili dei preparati da osservare.

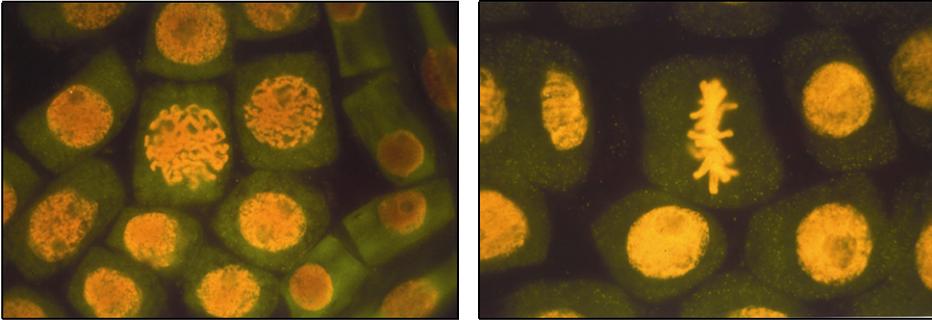
La descrizione di questi metodi è stata omessa perché, in questo manuale, ci occuperemo esclusivamente di vegetali unicellulari (alghe).

Troverete suggerimenti per osservare le piante superiori nei volumi elencati in bibliografia.

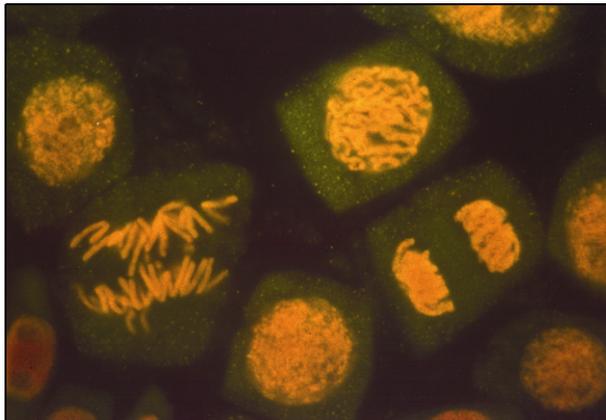
La divisione della cellula vegetale

Fotografie di cellule di apice radicale di cipolla (*Allium cepa*) colorate con acriflavina e fotografate con il microscopio a fluorescenza. La divisione cellulare avviene attraversando alcuni momenti particolari ben illustrati in queste immagini.

Immagini come queste non sono alla portata del microscopista alle prime armi; esse richiedono una strumentazione costosa ed una perfetta padronanza sia della tecnica microscopica sia delle modalità della colorazione.



Nella foto di sinistra sono visibili cellule allo stato di riposo (interfase) ed altre in cui i cromosomi si preparano a separarsi; il contenuto del DNA è raddoppiato (profase); nella foto di destra è mostrata la metafase.



Qui compaiono, contemporaneamente, la profase (le cellule con i cromosomi disposti a forma di sfera), l'anafase (la cellula di sinistra) e la telofase in quella di destra. La divisione è quasi ultimata e si stanno formando le due cellule figlie.

PIANTE CHE NUOTANO

Guardando al microscopio una goccia d'acqua prelevata da uno stagno, si osserverà che essa ospita decine di piccoli organismi capaci di muoversi in maniera autonoma. Essi appartengono alla classe dei *flagellati*, così chiamati perché sono dotati di piccoli organi a forma di frusta, i flagelli, i quali costituiscono il motore che permette a questi microrganismi di muoversi.

Alcuni, considerati piante, sono chiamati *fitoflagellati*, altri ritenuti animali, sono detti *zooflagellati*.

La differenza più importante che separa le piante dagli animali è che le prime contengono clorofilla, un pigmento verde che consente loro il processo di fotosintesi clorofilliana, grazie al quale i vegetali, utilizzando come fonte d'energia la luce solare, producono il nutrimento che è loro necessario. Gli animali, privi di questa capacità, possono nutrirsi solo a spese d'altri esseri viventi.

I fitoflagellati, oltre alla capacità di muoversi, dispongono di un organello sensibile alla luce. Essi hanno quindi delle caratteristiche che appartengono sia al regno vegetale sia a quello animale; sono insomma, forme di vita intermedie fra i due regni. Un esempio classico è dato dalla *chlamydomonas*, una pianta lunga pochi micron che vive nelle acque dolci. Essa è costituita da una sola cellula dalla quale emergono una o due flagelli. I suoi processi vitali sono regolati dal nucleo che racchiude il patrimonio genetico. L'ossigeno e l'anidride carbonica passano attraverso la parete cellulare. La *chlamydomonas* vive solitaria o in gruppi dove i singoli componenti non hanno legami con gli altri.

Esistono, invece, dei fitoflagellati che vivono in colonie. Un esempio classico è costituito dalla *pandorina*. Essa forma delle colonie di 16 cellule immerse in gelatina. L'insieme appare di forma sferica. L'ondeggiare dei sedici flagelli fa muovere l'intera colonia con la grazia di una bolla di sapone spinta da una leggerissima corrente d'aria. Pur vivendo tutti insieme, i membri si comportano come piante singole, provvedendo, ciascuno per proprio conto, alle funzioni vitali quali la nutrizione e la riproduzione. Quando arriva il momento, ogni *pandorina* si suddivide in sedici piccole cellule; quando la parete della cellula originaria si apre, ne emergono 16 piccole colonie, ciascuna costituita da altre 16 parti.

Un'altra pianta flagellata è l'*eudorina*; a differenza della *pandorina*, la sua colonia è costituita da 32 individui.

Le colonie di *volvox* sono, invece, costituite da migliaia di cellule che, nell'insieme formano una sfera. In questo caso, però, non tutte sono uguali: alcune hanno la capacità di riprodursi, altre svolgono compiti diversi per la sopravvivenza della colonia.

Volvox ha la capacità di riprodursi per via sessuale. Alcune cellule si differenziano in femminili, più grandi, e maschili, più piccole.

Una volta liberate, si riuniscono in coppie attorno alle quali si sviluppa una membrana. In questo modo si forma una spora. Essa è molto resistente e può sopravvivere, in condizioni di vita latente, ad un ambiente ostile per temperatura o assenza d'acqua. La formazione di spore è un utile accorgimento per superare momenti di crisi. Quando si ricostituiscono condizioni favorevoli, la spora torna in vita attiva, riprendendo la riproduzione per divisione che porterà ad una nuova colonia.



***Euglena viridis*, un'alga flagellata molto comune.**

L'EUGLENA

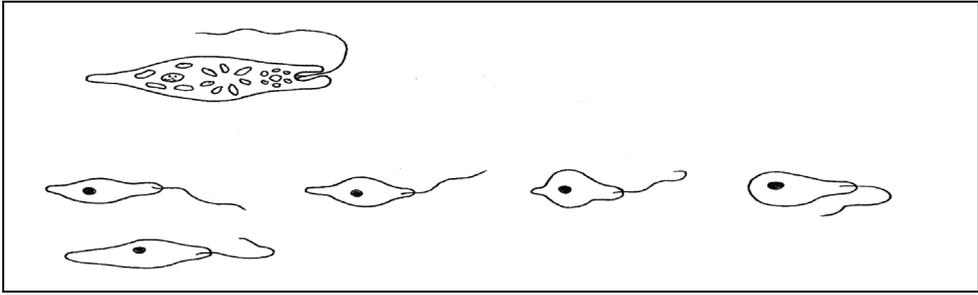
Nell'esperienza quotidiana, tutti sanno distinguere un animale da una pianta. Anche senza essere biologi, sappiamo che un gatto appartiene al regno animale ed una quercia a quello vegetale.

Ma quando ci s'immerge nel mondo del microcosmo, le distinzioni di questo genere diventano sempre più difficili ed in molti casi, quasi impossibili. Se è vero che è facile riconoscere in un paramecio un animale, è anche vero che molti abitanti delle acque stagnanti presentano caratteristiche che sono comuni sia ad organismi vegetali sia ad organismi animali.

Un esempio è dato dall'euglena. Essa è un organismo formato da una sola cellula, generalmente di forma allungata, avvolta a spirale larga sul suo asse longitudinale. Appartiene al mondo delle alghe flagellate, così chiamate perché dotate di due o più flagelli, piccole fruste che fuoriescono dal loro interno. Essa è classificata come appartenente al regno vegetale, perché contiene i cloroplasti, tipici organelli verdi che permettono alle piante il processo di fotosintesi clorofilliana, con il quale producono il nutrimento che è loro necessario. Quando un organismo produce da solo il nutrimento che gli è necessario è chiamato *autotrofo*. Quindi, l'euglena ha tutti i requisiti per essere considerata una microscopica pianta.

Ma essa ha anche diversi caratteri tipici degli animali. Grazie ai suoi flagelli, essa può muoversi. Uno dei flagelli si muove ondeggiando davanti all'alga facendola avanzare, seppure un po' lentamente. In presenza di ostacoli, cambia direzione e spesso anche la forma che da allungata può diventare sferica o incurvarsi. Ma non è tutto: questa minuscola alga possiede una macchia rossastra sensibile alla luce. In pratica, un organello che svolge le funzioni di occhio.

Alcune specie, anche se in grado di svolgere la fotosintesi clorofilliana, non si possono ritenere completamente autotrofe, perché non sono in grado di produrre alcune vitamine loro indispensabili che devono, perciò, assorbire dall'ambiente esterno. Vi sono, inoltre, delle specie che non possono svolgere il processo di fotosintesi e pertanto devono trovare il nutrimento all'esterno come gli animali. Altre specie ancora possiedono una sorta d'apertura boccale con cui fagocitano (verrebbe da dire, "mangiano") batteri, piccoli organismi flagellati ed altre alghe.



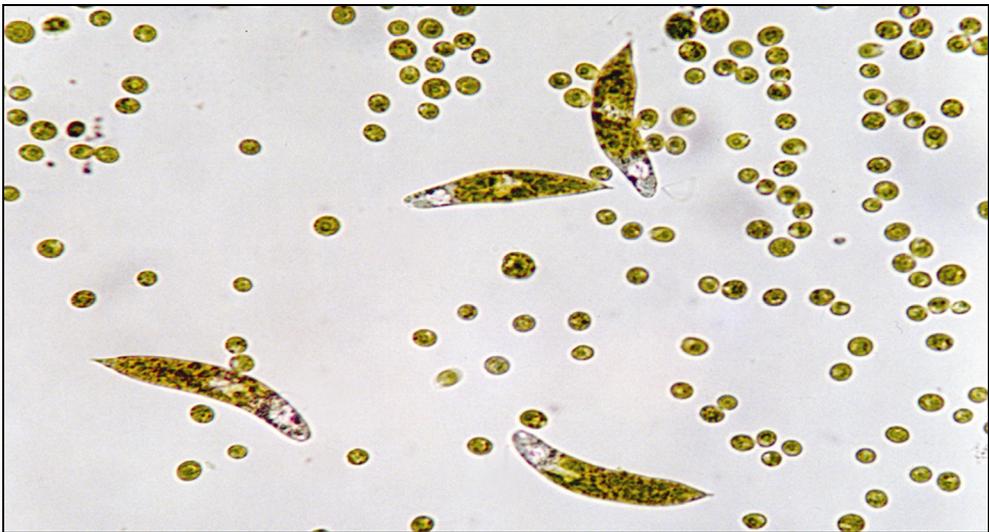
Il caratteristico movimento del flagello di *Euglena viridis*.

L'euglena si riproduce per divisione in senso longitudinale. Il processo richiede alcune ore ed avviene solo in assenza di luce.

Come vedete, l'euglena è un microrganismo sicuramente vegetale, ma con molteplici caratteristiche tipiche di quelli che noi chiamiamo animali.

Altri piccoli organismi sono così difficili da attribuire ad uno o all'altro regno, da essere inseriti in una specie di limbo che gli studiosi chiamano "*incertae sedis*".

Le dimensioni delle euglene variano da pochi micron fino a mezzo millimetro. Sono perciò facilmente visibili con il microscopio.



Microfotografia di euglene. 200x.

LE DIATOMEE

Le Diatomee sono alghe unicellulari munite di un guscio siliceo formato da due parti, una delle quali (quella superiore) è di dimensioni maggiori rispetto a quella inferiore. Un esempio attinente, per chiarire il concetto, è quello di pensare ad una scatola con il suo coperchio. All'interno vi si trova il protoplasma cellulare. Queste "scatoline" dalle forme più bizzarre, sono ricoperte, nella maggioranza dei casi, da piccoli fori, incisioni e minuscoli rilievi, tali da formare degli strani quanto straordinari reticolati, che rendono questi organismi microscopici, particolarmente belli, tanto che molti microscopisti (gli amici di Torino) dedicano la loro attenzione esclusivamente all'osservazione ed alla catalogazione, di questi esemplari così vari. Esse si muovono con un metodo del tutto unico.

La parte inferiore del guscio siliceo è tutta forata ed ha anche una fenditura chiamata rafe. Da questa fessura, il citoplasma presente nella diatomea, tende ad uscire, posizionandosi lungo il rafe, causandone così il movimento, come se essa fosse munita di un cingolo simile a quello dei mezzi blindati che (purtroppo!) noi tutti conosciamo. Quelle più comuni hanno una forma che assomiglia ad una barca (navicula) o ad una sottile lancia.

Le diatomee si riproducono per divisione diretta, dando luogo alla scissione del protoplasto che alloggia all'interno del guscio, innescando un processo di allontanamento delle due metà, al cui posto trovano spazio le cellule figlie che formano nuovamente le teche mancanti. Tutto questo si ripete da circa 170 milioni d'anni!



Diatomee *Fragilaria* e *Navicula*.

LE CONIUGATOFICEE

Sono alghe viventi esclusivamente in acqua dolce, unicellulari ed appartengono al gruppo delle alghe verdi. Per la loro particolare bellezza, meritano l'attenzione del microscopista dilettante.

I botanici le suddividono in quattro ordini. Tre di essi sono rappresentati da alghe che si presentano solitarie; all'ordine delle "filamentose", invece, appartengono alghe che si attaccano le une alle altre formando dei fragili filamenti che possono interrompersi facilmente senza che i singoli componenti ne risentano.



Microfotografia di *closterium*.

Sono definite "*coniugatoficee*" per il modo in cui si riproducono: cellule di sesso diverso si avvicinano e si uniscono attraverso un piccolo canale, con il quale scambiano il loro patrimonio genetico.

Le *coniugatoficee* possono riprodursi anche per divisione.

Particolarmente belle sono le *closterium*, dalla tipica forma a falce di luna.

I BATTERI

I PROCARIOTI

Tutti gli organismi unicellulari (cioè rappresentati da una sola cellula) si dividono in due grandi gruppi:

-1- MONERE (che comprende tutti i procarioti)

-2- PROTISTI (che comprende eucarioti unicellulari e alcune forme pluricellulari semplici).

Il regno Monere poi si suddivide ulteriormente in due sottogruppi: batteri e cianobatteri; noi qui parleremo solo dei batteri. Tutti i batteri sono procarioti, e per capire come sono fatti bisogna prima parlare della cellula procariotica.

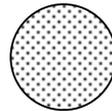
I procarioti sono il gruppo più antico di organismi presenti sulla Terra, e nonostante la loro semplicità, sono gli organismi più abbondanti nel mondo. La cellula procariotica contiene un lungo cromosoma circolare di DNA e, spesso, molecole più piccole di DNA chiamate plasmidi. Il materiale genetico non è separato dal resto della cellula da una speciale membrana e il citoplasma non contiene organelli complessi; tutta la cellula è rivestita da una membrana cellulare e da una parete.

La cellula procariotica si differenzia molto da una cellula eucariotica in quanto questa ultima è più complessa e contiene più informazioni genetiche.

Quello che adesso però ci interessa è parlare dei batteri e capire come vivono, come appaiono al microscopio e in quale ambiente si possono trovare.

I BATTERI

I batteri (dal greco: βακτηριον = bastoncino) sono microrganismi procarioti, di dimensioni assai piccole che possono essere suddivisi in base a varie caratteristiche. La maggior parte dei batteri ha dimensioni che oscillano tra frazioni di μm a pochi μm . Per capire i batteri è necessario prima di tutto saper come vengono classificati: un modo di suddividerli è quello di considerare la loro forma; essa può essere approssimativamente sferica o cilindrica. I batteri di forma sferica o simile, prendono il nome di cocchi;



Il gruppo dei cocci si suddivide in altri sottogruppi tra i quali i più frequenti sono:

- i *diplococchi* : si chiamano così quando i batteri sono uniti tra di loro a due a due (assomigliano di forma ad un chicco di caffè)

- gli *stafilococchi*: sono chiamati così i batteri che si ammassano irregolarmente tra di loro (hanno una forma simile da un grappolo d'uva)

- gli *streptococchi* : sono quei batteri che si uniscono l'uno a l'altro fino a formare delle lunghe catenelle.

I batteri di forma cilindrica invece sono detti *bacilli*;

- questi se sono particolarmente corti vengono detti *cocco-bacilli*,

- se hanno le estremità più sottili sono chiamati *bacilli fusiformi*

- se invece hanno delle forme con delle curve sono detti *vibrioni o spirilli*.

LA COLORAZIONE

Dal momento che la cellula batterica ha dimensioni piccole, il potere di risoluzione di un microscopio ottico (0,15 μ m circa) permette di vedere la forma dei batteri, ma poi non permette di ottenere molte altre informazioni; è necessario allora colorare i batteri, ovvero utilizzare alcuni coloranti che fissandosi ai batteri li rendono più visibili rispetto allo spazio circostante.

Le modalità di colorazione che si possono utilizzare sono due:

- **SEMPLICE**: si fa mettendo in contatto il colorante con il preparato contenente i batteri. I coloranti più usati sono il blu di metilene o la fuxina basica o il cristalvioletto; questi coloranti si possono trovare da un rivenditore di microscopi oppure in farmacie fornite.
- **DIFFERENZIALE**: è più difficile perché si usano più coloranti a tappe successive. Questo modo di colorare (e in particolare quello chiamato *Gram*) è molto importante perché riesce a dividere i batteri in due grossi gruppi: Gram-positivi: si vedono colorati di violetto

Gram-negativi: si vedono colorati di rosso.

Non mi voglio dilungare molto nello spiegare come si svolge la colorazione Gram perché è lunga e complessa e richiede una attrezzatura adatta, però ti voglio accennare brevemente le varie fasi:

- 1) si colora con il cristalvioletto
- 2) si allontana il colorante
- 3) si passa il liquido di Lugol (iodio + ioduro di potassio + acqua)
- 4) si tratta con un decolorante
- 5) si colora con un secondo colorante (rosso).

La distinzione tra Gram + e Gram – è molto importante perché il fatto che un batterio si possa colorare in un modo (violetto) o in un altro (rosso) è legato a come è fatto il batterio e a come si comporta.

In particolare la capacità di assumere un colorante dipende dalla struttura della parete cellulare. Ulteriori notizie di approfondimento su questo ed altri argomenti li potrai trovare in alcuni dei libri consigliati;

vediamo adesso le caratteristiche tipiche dei batteri:

COME È FATTO UN BATTERIO

Il batterio è la cellula procariotica per eccellenza, ovvero è di piccole dimensioni, non ha compartimenti al suo interno, il materiale genetico non è separato dal resto del citoplasma da membrane, all'esterno la cellula è delimitata da una membrana citoplasmatica e sopra questa c'è la parete cellulare; a volte c'è anche un altro strato chiamato capsula che racchiude tutto.

In alcune specie di batteri la cellula possiede una specie di coda chiamata *flagello* che gli serve per muoversi (ne può avere 1 o di più e possono essere situati da un lato solo, ai due poli o su tutta la cellula). La presenza di questa coda (flagello) è in genere tipica dei batteri di forma cilindrica (vibrioni, spirilli) e gli conferisce un movimento particolare ben visibile con il microscopio.

Il batterio può avere anche dei *peli* (o *pili*) che gli servono per ancorarsi, cioè per attaccarsi ad altre cellule o tra di loro.

Purtroppo non ti puoi aspettare di vedere molti di questi dettagli con un microscopio ottico perché si possono osservare solo con il microscopio elettronico.

LA PRESENZA DI BATTERI IN UN LIQUIDO

Nel caso in cui numerosi batteri si sviluppino in un liquido come può essere l'acqua si osserva un fatto importante e molto semplice: l'acqua diventa torbida.

A seconda del tipo di batteri che ha colonizzato l'acqua, l'intorbidamento può essere di vario tipo: uniforme, a granuli, a fiocchi, etc. e può essere presente in tutto il recipiente, o solo sulla superficie.

L'osservazione di batteri al microscopio è evento abbastanza frequente, anche in acque raccolte in luoghi molto familiari (fiumiciattoli, piccole paludi ecc.), ma si può facilitare la crescita batterica mettendo nell'acqua raccolta piccoli materiali organici (pagliuzze di fieno) e tenere il barattolino non coperto e in ambiente caldo; in tali condizioni si ha una rapidissima crescita batterica.

DI CHE COSA SI NUTRONO I BATTERI

Elemento fondamentale per la vita dei batteri, come di qualsiasi altro essere vivente è il nutrimento. Il batterio è obbligato a trovare le sostanze e l'energia che gli servono sia per "vivere" che per replicarsi, cioè per produrre una nuova cellula batterica. Per quanto riguarda la capacità di nutrirsi, i batteri si suddividono in due tipi: gli *autotrofi* e gli *eterotrofi*. I

batteri *autotrofi* sono quelli in grado di sintetizzare le molecole ricche di energia a partire da semplici sostanze inorganiche; sono da esempio i batteri (fotosintetici) che sfruttano l'energia luminosa grazie alla presenza di pigmenti specifici, oppure i batteri chemiosintetici che hanno la capacità di ottenere l'energia a partire da semplici molecole come composti dell'azoto o del ferro. Ci sono poi i batteri *eterotrofi* cioè quelli che ottengono le loro molecole dai tessuti e dai liquidi del corpo di altri organismi viventi.

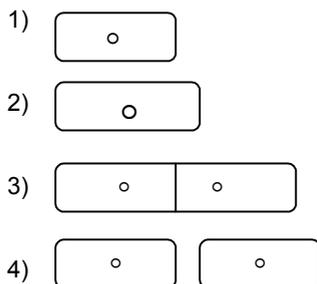
Queste sostanze vengono poi trasformate, attraverso complicate reazioni chimiche, in altre sostanze, utilizzate per soddisfare tutti i bisogni del batterio, non ultimo la riproduzione. Altra caratteristica importante dei batteri è il loro essere *aerobi* o *anaerobi*; i batteri *aerobi* sono quelli che possono crescere solo in presenza di aria, mentre i batteri *anaerobi* sono quelli che vivono solo in assenza di ossigeno.

LA RIPRODUZIONE

La maggior parte dei batteri si riproduce per scissione semplice; questo è un meccanismo a comune con tante altre specie, come ad esempio i protozoi unicellulari. In poche parole spieghiamo tale meccanismo: la cellula madre (1) cresce assimilando sostanze nutritive dall'ambiente (2) e producendo nuove molecole strutturali e funzionali.

Quando la cellula raggiunge dimensioni notevoli si divide in due cellule figlie (3); le due cellule figlie sono strutturalmente e funzionalmente simili sia alla cellula madre che tra di loro (4).- Vedi disegno-

Da questo momento in poi faranno ognuna la propria vita e raggiunta la maturità daranno luogo a nuovi processi di scissione.



Ci sono poi anche alcuni tipi di batteri (*Bacillus* e *Clostridium*) che si riproducono mediante spore. La spora ha una struttura molto resistente che gli permette di permanere nell'ambiente (terreno, liquidi o altro) per molto tempo, sopravvivendo in condizioni anche molto sfavorevoli, e per molto tempo. Dalla spora, poi, si ottiene una nuova cellula batterica, con un processo detto germinazione, quando le condizioni ambientali ritornano favorevoli (ad esempio se aumenta la temperatura). Esempio di un meccanismo di riproduzione con spore è quello del batterio *Clostridium tetani*, - responsabile del tetano-, che è presente

nell'ambiente (terra, attrezzi agricoli etc.) sotto forma di spore; quando ci procuriamo una ferita, alcune spore possono penetrare nel nostro corpo, dare origine a nuove cellule batteriche e provocarci la malattia.

I BATTERI E L'AMBIENTE

Una condizione essenziale per la vita dei batteri (come di qualsiasi altra cellula) è una elevata quantità di acqua o di umidità.

L'acqua è il componente principale dei batteri, per alcuni l'80% del peso del loro corpo è dato da acqua. La maggior parte dei batteri cresce a temperature comprese tra 20°C e 45°C, anche se ci sono batteri che crescono a temperature più alte (50-75°C) e altri che stanno bene a basse temperature.

Ci sono batteri che vivono in sorgenti termali nelle quali l'acqua sgorga a temperature molto alte e dove, a tali condizioni, molte forme di vita non possono resistere. Ci sono poi batteri che vivono nei fondali oceanici, quindi in condizioni di pressione idrostatica elevatissima. Altri batteri eccezionali sono quelli che vivono nel Mar Morto, dove la concentrazione di sale nell'acqua è molto, molto elevata.

Da ciò che abbiamo detto fino ad ora, è chiaro che i batteri si trovano praticamente ovunque sul nostro pianeta; questo vuol dire che i batteri sono "ubiquitari".



A sinistra: coniugazione batterica tra *enterococcus* (microscopio elettronico a scansione); a destra: batteri gram+.

BATTERI BUONI E BATTERI CATTIVI

Fino a questo momento abbiamo parlato e descritto i batteri, ma adesso sorgono alcune domande: "I batteri a che cosa servono?"- "I batteri sono tutti cattivi e sono tutti portatori di malattie?", oppure "Tutti i batteri provocano malattie?"

Proviamo a rispondere: i batteri non sono tutti "cattivi", anzi, alcuni di essi sono molto utili all'ambiente, agli animali e anche all'uomo.

I batteri esistenti in natura sono tantissimi; alcuni di essi sono essenziali per il ciclo dell'azoto che si svolge in natura perché assorbono l'azoto presente nell'atmosfera e lo fissano al terreno; altri servono per la decomposizione degli organismi morti, tanto che per questa capacità sono sfruttati anche nei depuratori.

I batteri poi sono UTILI anche all'uomo, e non tutti i batteri che abbiamo all'interno del nostro corpo sono cattivi, anzi molti di essi ci difendono dall'ambiente esterno e dalle malattie.

Esiste la cosiddetta "flora batterica" che è un insieme di certi tipi di batteri che sono presenti in varie parti del nostro organismo e che hanno una funzione di difesa; ad esempio stanno sulla pelle, sulla mucosa della bocca, sulle pareti dell'intestino, e sono associazioni di batteri "non patogeni" (cioè che non provocano malattie), che funzionano come una barriera protettiva difendendo la zona dagli attacchi esterni. Quando parliamo di attacchi esterni, intendiamo una serie di eventi che se non vengono contrastati efficacemente possono recarci danno, e provocare delle malattie. Questi agenti dannosi possono essere i virus, oppure possono essere altri tipi di batteri, questa volta "patogeni" cioè che portano malattie, o anche, nel caso della pelle per esempio, il caldo o il freddo.

Quando la flora batterica si altera, o viene danneggiata, bisogna ripararla; il nostro organismo ci prova da solo, ma spesso non basta e allora dobbiamo aiutarlo assumendo farmaci o sostanze simili.

Ci sono poi i batteri veramente "CATTIVI", cioè quelli patogeni, che, se entrano nel nostro organismo, provocano delle malattie.

Gli esempi più semplici e più famosi sono il batterio della "Bordetella pertussis" che provoca la pertosse (o "tosse cattiva"), la "Neisseria meningitidis" che provoca la meningite, il "Vibrio Cholerae" che è portatore del colera.

Anche sulla superficie dei denti abbiamo tantissimi batteri (circa 300) i quali ci provocano, se non vengono rimossi per tempo con l'igiene orale, la placca batterica, il tartaro e la carie.

Dopo questo piccolo discorso sui batteri vorrei raccomandarti alcune cose:

- Non bere l'acqua che osserverai al microscopio e ricordati di lavarti le mani dopo averla manipolata, perché, anche se i batteri presenti in quell'acqua saranno pochi e poco patogeni, potrebbero comunque procurarti alcuni fastidi;
- Ti ricordo che con un comune microscopio, i batteri visibili sono pochi e appaiono molto piccoli, ma quello che più frequentemente potrai incontrare sarà il batterio Escherichia Coli, comunemente presente nel nostro intestino è anche il più comune tra gli organismi microscopici. Questo batterio ti apparirà come una cellula di forma cilindrica dotato di alcuni flagelli ed è presente nel nostro intestino ma anche nelle acque.

- Altri batteri frequentemente visibili nelle acque e caratteristici sono le Spirochete che sono batteri di forma allungata e il cui corpo è avvolto su se stesso come una spirale. Si muovono con movimenti caratteristici come delle rotazioni. Non hanno flagelli.

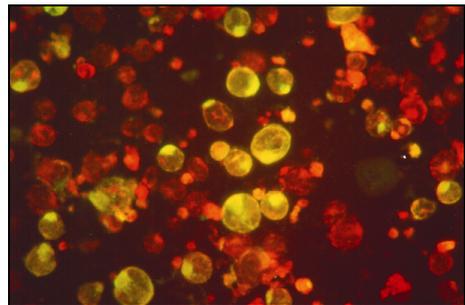
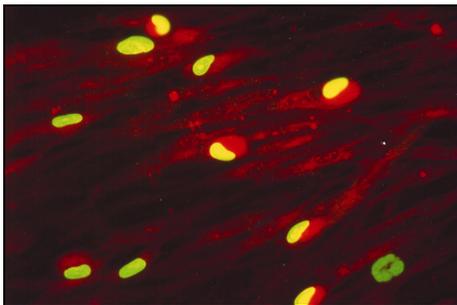
Nel gruppo delle spirochete sono importanti i Treponemi e le Leptospire.

-I vibroni e gli spirilli invece hanno il corpo avvolto, ma meno delle spirochete, ed hanno una forma fatta a “virgola” o a “C”. Hanno uno o più flagelli; tra questi sono importanti il *Vibrio cholerae* responsabile del colera.

- Ultima curiosità: quando si scrive *Escherichia Coli* (o *E. Coli*) il primo nome indica il *genere* e il secondo la *specie* alla quale l’organismo appartiene.

I VIRUS

I virus hanno delle proprietà che li distinguono dagli altri organismi; possiamo considerarli delle unità biochimiche costituite da un solo tipo di acido nucleico (DNA o RNA) e da proteine. Sono parassiti perché possono moltiplicarsi solo dopo aver infettato una cellula e a sue spese; per questo motivo non sono considerati organismi viventi. Il loro studio riveste particolare importanza perché sono causa di numerose e gravi malattie e richiede tecniche molto sofisticate. Mentre i batteri sono osservabili con il microscopio ottico, i virus, per la loro estrema piccolezza, sono visibili solo con il microscopio elettronico.



A sinistra: fibroplasti embrionali infettati con virus CHV; reazione di immunofluorescenza con Ab monoclinale anti p76 di CHV (espresso a livello nucleare). A destra: reazioni di immunofluorescenza su linfociti infettati con virus HHV6 utilizzando anticorpi (Ab) specifici anti HHV6.

LA MACRO E MICROFOTOGRAFIA

La macrofotografia è una tecnica di ripresa fotografica che si avvicina molto alla microfotografia sotto diversi aspetti e un cenno a riguardo di questi sistemi, ci aiuta a capire meglio l'uso del microscopio in fotografia. Chi si diletta con la macchina fotografica, avrà sicuramente sperimentato l'uso delle lenti addizionali, che possono essere anche semplici lenti positive da occhiali con potenza diottrica più o meno forte. Questi aggiuntivi ottici, opportunamente sistemati davanti ad ottiche comuni come fossero filtri, ne diminuiscono la lunghezza focale e, in maniera maggiore, la minima distanza di messa a fuoco. Quest'accoppiamento ci permette di avere a disposizione un efficientissimo sistema per la riproduzione ingrandita d'oggetti molto piccoli. Le lenti addizionali non sono utili soltanto con macchine ad ottica fissa. Infatti, l'uso di queste lenti è indispensabile con i teleobiettivi di lunga focale per i quali sarebbe impossibile impiegare tubi di prolunga abbastanza lunghi da poter effettuare la messa a fuoco a brevissima distanza.



Larva di zanzara genere *Culex*. 40x.

Un risultato analogo all'impiego di lenti addizionali si ottiene, appunto, impiegando tubi di prolunga componibili o un soffietto, che montato su apposite slitte, ci permette di distanziare

l'ottica dal corpo macchina, ottenendo analoghi risultati. In questo caso, per ottenere immagini migliori, l'obiettivo andrebbe sostituito con un'ottica macro appositamente corretta per corte distanze. Abbiamo visto come le prolunghe e i soffiotti o le lenti addizionali servono a ridurre la distanza minima che ci separa dal soggetto.

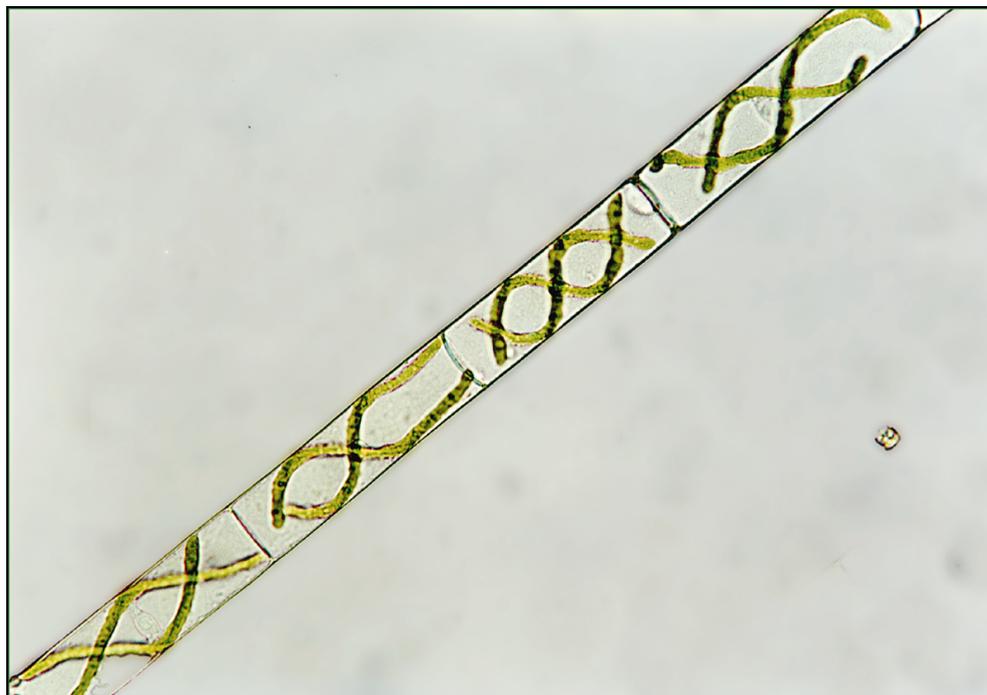
Ma in pratica, una simile tecnica quali applicazioni può avere? La possibilità di avvicinarsi notevolmente al soggetto permette di fotografare oggetti piccolissimi aprendo nuovi e vasti orizzonti alla nostra attività fotografica. Questa tecnica di ripresa prende il nome di "macrofotografia" e riempie quella fascia fra la minima distanza di messa a fuoco delle comuni reflex e l'infinitamente piccolo del microscopio. Questa attrezzatura, come si è visto, ci permette di realizzare interessanti immagini nitide e molto ingrandite di soggetti piccoli; per esempio, un francobollo, un insetto, un piccolo fiore, una farfalla, che normalmente sfuggono all'inquadratura della macchina fotografica, ma non all'attento operatore che, con un po' di attenzione, ne può trarre magnifici spunti per la realizzazione d'immagini molto interessanti sotto tutti i profili. Passando dalla teoria alla pratica, alla fine ci accorgeremo che la macrofotografia è molto più semplice di quello che alcuni professionisti vorrebbero far credere. Come vedremo, questo concetto della fotografia macro, se ben capito, ci avvicina piano, piano alle tecniche d'acquisizione più sofisticate della ripresa fotografica al microscopio.



A sinistra: alga coniugatoficea; a destra: ciliati predatori (*Coleps*) divorano i resti di un crostaceo fillopode (*Chydorus sp.*).

Quando si prova ad osservare al microscopio una goccia d'acqua, spianata fra il vetrino e il copri-oggetti, per effettuare una ricerca o semplicemente per diletto, necessariamente si deve ingrandire il soggetto e la cosa più importante è riuscire ad ottenere un'immagine ben nitida, con particolari netti come sono nella realtà. Un fattore cruciale nell'acquisizione dell'immagine, non è l'ingrandimento finalizzato a se stesso quanto la risoluzione con cui si possono registrare i più fini dettagli che s'intendono ingrandire. Un altro parametro importante, da tenere presente durante la sessione fotografica, è la profondità di campo o di

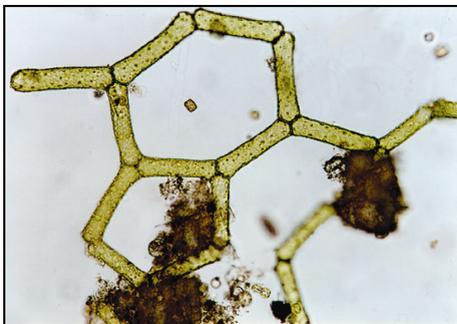
fuoco che è la massima distanza tra due piani del preparato risultanti a fuoco. Il diaframma di un obiettivo da ripresa regola la quantità di radiazione luminosa che raggiunge il piano focale dell'apparecchio che registra l'immagine, nell'unità di tempo.



Un'alga coniugatoficea filamentosa, la *spirogyra*. 200x.

Più grande è il diaframma, maggiore sarà la luce che lo attraversa, permettendo un tempo d'esposizione più rapido a vantaggio del mosso che si può registrare, ma minore sarà anche la profondità di campo e di conseguenza una più critica messa a fuoco del preparato. Al contrario, se chiudiamo il diaframma, aumenta la nitidezza e la profondità di campo, ma aumenta anche il tempo di posa a svantaggio di preparati con soggetti in movimento. La soluzione più idonea per escludere la possibilità di ottenere immagini mosse e contemporaneamente aumentare la profondità di fuoco, è l'applicazione di un flash con numero guida alto (18-20), usato al posto della sorgente luminosa. Qualche eventuale modifica non deve spaventare chi si appresta a sperimentarne questo metodo di lavoro, sicuramente saranno più i vantaggi che gli svantaggi. L'uso del flash è raccomandato anche nei sistemi che lavorano in afocale, cioè accoppiando al microscopio, completo di oculare, le fotocamere ad ottica fissa, come le attuali camere digitali che rientrano nella fascia medio alta. Nei sistemi microfotografici tradizionali, l'utilizzatore ha il compito di controllare

l'inquadratura e di focheggiare il preparato, al resto pensa la fotocamera agendo in automatico, ma prima chi opera deve effettuare il settaggio della priorità dei tempi o dei diaframmi, secondo se si vuole un'alta velocità di scatto o una profondità di fuoco maggiore. Fotocamere tradizionali o camere digitali? Ogni operatore che usa il microscopio dovrebbe effettuare questa scelta, valutando eventuali vantaggi dei nuovi sistemi, ma non per ultimo, tenendo conto anche del proprio budget. Anche dopo aver effettuato la scelta, non è facile orientarsi su quello che offre il mercato digitale, ognuno dovrà orientarsi secondo le proprie esigenze, dando la precedenza a fotocamere digitali con zoom ottico (non digitale) più lungo possibile (almeno 30mm.), per non incorrere nel fenomeno della vignettatura (immagine sul sensore CCD di forma circolare a bordo sfumato). Oggi l'immagine digitale offre una tecnologia con importanti vantaggi. Nell'analisi dell'immagine, l'informatica ha ormai cambiato totalmente la microscopia tradizionale. Collegando ad un computer un sistema microfotografico, corredato di una camera CCD per la cattura d'immagini, ne risulta un sistema modernissimo per digitalizzare, processare, salvare, trasferire ed archiviare immagini elettroniche o materiale fotografico su pellicola o stampa. Materiale che deve essere opportunamente prima digitalizzato con appropriati scanner.



Alga verde coloniale *Hydrodictyon reticulatum*, a destra una singola cellula.

Le pellicole tradizionali registrano la radiazione luminosa, durante la posa, in maniera logaritmica, penalizzando le emulsioni chimiche, specialmente se a colori. Mentre le camere digitali con il suo sensore CCD sfruttano la perfetta linearità di ricezione della luce durante l'esposizione; per questo, a parità di parametri, il CCD ha un effetto quantico maggiore, registrando più fotoni nella stessa unità di tempo. Nelle riprese digitali di preparati che non hanno mobilità, si può adoperare la tecnica d'integrazione dell'immagine come in astronomia, ossia si effettua in rapida sequenza una serie di frame (fotogrammi), da cinquanta a trecento. Con questo procedimento, sicuramente un buon numero di frame sarà privo di vibrazioni, che sono il nemico numero uno dei sistemi microscopici. Una volta trasferiti su

PC, saranno scelti i migliori che dovranno essere sommati fra loro. Questo procedimento richiederà pochi minuti attraverso l'uso di software dedicati, ottenendo una nitidezza d'immagine sorprendente, anche perché la sottilissima trama di pochi micrometri che struttura i CCD è mediata durante la somma, rendendo un'immagine morbida ma allo stesso tempo incisa, adatta ad essere notevolmente ingrandita. Nella stampa da negativo a carta occorrono 2-3 stampe per scegliere ed ottenerne una di buona densità, mentre le riprese digitali possono essere osservate e modificate a video prima della stampa per poi essere archiviate o stampate con moderne stampanti a getto d'inchiostro in esacromia. Gli otturatori a tendina delle macchine reflex tradizionali, ad ottica intercambiabile, variano il tempo di posa, distanziando più o meno fra loro due tendine che si spostano in coppia sul piano focale, sempre alla stessa velocità di un sessantesimo di secondo, indipendentemente dalla velocità di otturazione impostata. Ciò introduce sempre impercettibili vibrazioni, amplificate in tempo reale dall'ingrandimento del microscopio, rendendo l'immagine poco definita. Anche lo specchio delle reflex, sollevandosi energicamente un attimo prima che parta il tempo di posa, fa vibrare lo stativo del microscopio proprio nel momento in cui le tendine distribuiscono la luce sulla pellicola, contribuendo a ridurre la nitidezza dell'immagine. Con il sistema digitale, questi parametri sono sensibilmente meno sentiti, dato che gli otturatori elettromeccanici, più elettronici che meccanici, di cui sono dotate queste fotocamere, hanno una loro massa pressoché nulla, permettendo di ottenere immagini più stabili. Per annullare queste vibrazioni e migliorare i risultati occorrono robusti stativi, magari opportunamente rinforzati, tempi di posa veloci e radiazione luminosa elevata, possibilmente al momento dello scatto (flash). Anche i banchi o tavoli da lavoro contribuiscono notevolmente alle vibrazioni con la loro insufficiente stabilità, resa ancora più precaria dai pavimenti a solaio dove c'è molto calpestio. Chi ha pretese di ottenere ottimi risultati, specialmente in microfotografia, si deve rendere astuto come una volpe, facendo ogni volta mente locale, senza tralasciare il più piccolo dettaglio e facendo tesoro delle esperienze positive sperimentate nel tempo.

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

La microscopia è una disciplina poco diffusa a livello dilettantistico o di neofiti. In passato molti osservatori hanno tentato di diffonderla con opere di carattere divulgativo, ma i risultati sono stati modesti. Perciò l'argomento non costituisce motivo di particolare interesse per gli editori. La ricerca di testi, anche di altri tempi, riveste, perciò, un notevole interesse per tutti coloro che sono affascinati da questa materia; per questo motivo, gli autori del presente manuale hanno ritenuto utile dedicare uno spazio adeguato alla bibliografia, certi di fare cosa gradita ai loro lettori.

Volumi indispensabili

Werner Nachtigall, **“Esplorare ed apprendere con il microscopio”** edizioni IL CASTELLO. 1997 – Torino.

Si tratta di un manuale completo, riccamente illustrato che riteniamo assolutamente indispensabile. Adatto a tutti, esperti o neofiti, adulti e ragazzi.

Heinz Strebler – Dieter Krauter, **“Atlante dei microrganismi acquatici”** sottotitolo **“La vita in una goccia d'acqua”** FRANCO MUZIO editore. 1984 – 1992 – Padova. Con 27 foto a colori, 25 in b/n e ben 1700 disegni, costituisce la “bibbia” di chi ama osservare i microrganismi acquatici. Fondamentale per una loro prima identificazione. Assolutamente indispensabile. Per tutti.

M. Durante – G. Russo, **“Microscopia”** edizioni EDISES. 1995 – Napoli. Ottimo manuale consigliabile a microscopista evoluti, studenti di scuola media superiore ed università.

Paolo Castano, a cura di, **“Istruzioni per usare un amico”** Microscopi didattici KONUS – OLIMPUS – MEOPTA.

Non in commercio. Distribuito dalle ditte che propongono i microscopi per i neofiti alla prima esperienza. Illustrato a colori. Per iniziare.

T. Ninomiya, **“Manuale esperimenti di microscopia”** (traduzione di Roberto Gentili) distribuito dalla ditta PAIM.

Per neofiti alla prima esperienza. Per iniziare.

Paola Manfredi, **“Microscopia per il naturalista dilettante”** editore ULRICO HOEPLI – Milano. 1980 (III edizione).

E' un classico della materia. Una lettura piacevole e affascinante che trasuda amore per la scienza, la natura, la divulgazione. Ne consigliamo la lettura a tutti. Con 203 illustrazioni e 4 tavole fuori testo.

Testi specifici per il mondo della scuola

Giorgio Malaguzzi, **“Guida al microscopio a scuola e in casa”** MACRO edizioni. 1995 – San Martino di Sarsina (FO).

Ottimo esempio di accattivante divulgazione. Per tutti, ma in particolare per ragazzi delle scuole elementari, medie e i loro insegnanti.

Hartmut Dietle, **“Il microscopio nella scuola”** editrice LA SCUOLA – Brescia – 1997.

Ottimo manuale adatto, soprattutto, agli insegnanti ed ai microscopista più evoluti. Il volume non è più in commercio, ma l’editrice LA SCUOLA, con lodevole disponibilità, ne invia le fotocopie, su richiesta.

Frieder Sauer, **“L’hobby del microscopio”** editrice LA SCUOLA – Brescia – 1981. Manuale per iniziare; è fuori commercio, si possono richiedere le fotocopie.

Opere divulgative per ragazzi

Chris Oxlade – Corinne Stockley, **“Il mondo al microscopio”** guide scientifiche USBORNE – 1992 USBORNE PUBLISHING per l’edizione italiana. Molto illustrato.

Kirsteen Rogers – a cura di P. Dowswell, **“Una guida completa al microscopio”** edizioni USBORNE. Edizione italiana a cura USBORNE PUBLISHING LTD. 1999. Ricco di stupende fotografie, anche al microscopio elettronico.

David Burnie, **“La microvita”** collana “Guarda e scopri” ARNOLDO MONDADORI editore – Milano 1998.

Aliverti – Ciccioli – Laudi, **“Vita al microscopio”** collana “Grandi libri d’oro” MONDADORI – CEAM – Milano 1996.

Fu uno dei primi testi di microscopia venduto con accluso un piccolo microscopio. Illustrato con foto e disegni.

Molti volumi, interessanti per il microscopista, non sono più facilmente reperibili perché editi molte decine di anni fa, perché stampati in un numero modesto di copie, distribuiti attraverso canali particolari o per altri motivi ancora. Consigliamo, tuttavia, di non perdere la speranza di rintracciarli. La prima virtù del microscopista è la pazienza ed anche per lui vale il detto “chi cerca trova”. Noi abbiamo cercato nei negozi di libri vecchi, sulle bancarelle dei mercatini antiquari e di modernariato, sui cataloghi delle librerie antiquarie. Se non riuscirete a trovare in questo modo, esplorate le biblioteche, nel rispetto delle leggi vigenti potrete, almeno, procurarveli in fotocopia. Ecco i frutti delle nostre ricerche:

Giuseppe Penso, **“La conquista del mondo invisibile”** (Parassiti e microbi nella storia della civiltà) - GIANGIACOMO FELTRINELLI editore - Milano – 1973.

Una storia delle scoperte, nel mondo dell’infinitamente piccolo, con un’interessantissima iconografia d’epoca. Per chi ama la storia della scienza.

Alberto Peyrot – Giuseppe Mazza, **“Mondo al microscopio”** (Guida alla microscopia per il naturalista dilettante) – casa editrice CESCHINA – Milano – 1969.

Il Prof. Peyrot è l’autore del testo, Giuseppe Mazza ha realizzato le foto a colori e in b/n che corredano il manuale. Per tutti.

Robert Nachtwey, "**Mondo meraviglioso in una goccia d'acqua**" – editrice S.A.I.E. – Torino, 1956.

Bel volumetto in 16° con 53 microfotografie dell'autore e 14 disegni di Hannalotte Nachtwey. Classico esempio di divulgazione anni '50. Lettura piacevole. Per tutti.

Peter Healey, "**Microscopi e vita al microscopio**" – collana "I colibrì" – MONDADORI editore – Milano, 1970.

Piccolo manuale molto illustrato. Per tutti.

M. G. Bozzo, M. Durfort, N. Mercadè, "**La vita al microscopio**" con un'intervista di Paul Grassé a cura di Pierre Kister – collana "Grandi temi" ISTITUTO GEOGRAFICO DE AGOSTINI – Novara, 1977.

Volume corredato con molti disegni e fotografie.

Maria Antonietta Toscano, "**I microbi raccontano**" – editrice GG ARTI GRAFICHE JASILLO – Roma, 1993.

Uno spassoso, frizzante, piacevolissimo libro, riccamente corredato con simpatici disegni. Un ottimo esempio di divulgazione, adattissimo a bambini e ragazzi. La pubblicazione è stata promossa dalla ditta CYANAMID. Riteniamo che non si trovi in commercio. Si provi a contattare le ARTI GRAFICHE JASILLO.

Ulrico di Aichelburg, "**Vita e morte dei microbi**" – Collana Aperta – Mondadori – Milano, 1977.

Un classico più volte ristampato, di un grande scienziato.

Thomas G. Aylesworth, "**Il mondo dei microbi**" – International Library – RIZZOLI editore – Milano, 1973.

Altra opera divulgativa adatta ai giovani.

Edgardo Baldi a cura di, "**Microcosmo, cento tavole di vita invisibile**" – ULRICO HOEPLI – Milano, 1939.

Un volume da collezione, una primizia da bibliofili, da topi di biblioteca oltre che da microscopista. Tante microfotografie anni '30 eseguite con la collaborazione della Dott. Livia Pirocchi, nei laboratori dell'ISTITUTO ITALIANO DI IDROBIOLOGIA, Dott. Marco De Marchi In Pallanza. Fortunato chi riuscirà a trovarlo.

Francesco Giordani, "**Microrganismi, virus, batteri, protozoi, funghi, alghe**". Collana "La Ricerca" – ENCICLOPEDIA MONOGRAFICA LOESHER – Torino, 1971.

Un piacevole volumetto introduttivo allo studio dei microrganismi.

Giuseppe Sermonti, "**Vita coniugale dei batteri, la genetica nel mondo dei microbi**" ZANICHELLI editore – Bologna, 1972.

Un volume che esamina alcuni aspetti particolari della vita dei batteri. Divulgativo. Per tutti.

Giorgio Morpurgo, "**Il mondo della cellula, introduzione alla citologia**" – Biologia per i giovani – Collana diretta da G. Tecce. ZANICHELLI editore – Bologna, 1977.

Opera divulgativa sulla cellula. Per tutti.

A.A.V.V. Enciclopedia Italiana delle Scienze – **Scienze naturali – Biologia voll. I e II** – ISTITUTO GEOGRAFICO DE AGOSTINI – Novara, 1971.

A.A.V.V. Enciclopedia Italiana delle Scienze – **Scienze naturali – Gli animali invertebrati voll. I e II** - ISTITUTO GEOGRAFICO DE AGOSTINI – Novara , 1968. Ambedue le opere sono costituite da eleganti volumi, molto illustrati, con impressioni oro al dorso. Meritevoli di essere ricercati.

Concludiamo con opere adatte a microscopista evoluti che desiderino approfondire l'argomento. Il livello è per studenti delle scuole medie superiori o dell'università.

Robert D. Barnes, "**Zoologia: gli invertebrati**", edizione italiana a cura di R. Milani - PICCIN editore – Padova, 1985.

Anna Speranza, Gian Lorenzo Calzoni, "**Struttura delle piante in immagini, guida all'anatomia microscopica delle piante vascolari**" – ZANICHELLI editore – Bologna, 1996.

Splendido volume, ricco di fotografie e disegni con commenti adeguati. Ideale per chi ama osservare tessuti vegetali.

W. Krommenhoek, J. Sebus, G. J. Van Esch, "**Biologia in immagini. Atlante di microscopia elettronica, anatomia vegetale**" – ZANICHELLI editore – Bologna, 1980.

Anche questo volume è basato su immagini. Molto bello.

Marcello La Greca, "**Zoologia degli invertebrati**" – U.T.E.T. – Torino, 1992.

P. M. Raven, G. B. Johnson, "**Biologia**" voll. I e II – EDISES – Napoli, 1996.

Cristina Paraglia, "**Microbiologia**" – ATLANTI UNIVERSALI GIUNTI – Firenze, 1999.

A.A.V.V. a cura di Alberto Diaspro, "**Immagini dal microcosmo**" Collana Quaderni de Le Scienze, n° 123 dicembre 2001.

Per chi vuol essere aggiornato sulle più moderne tecniche di microscopia.

Michele La Placa, "**Principi di microbiologia medica**" – editrice ESCULAPIO – 1995.

Melena Curtis, N. Sue Barnes, "**Invito alla biologia**" – ZANICHELLI – 1987.

SITI INTERNET CONSIGLIATI

<http://www.amicidelmicroscopio.it>

<http://www.sime.unile.it/>

<http://www.euremicsoc.org/>

<http://www.rms.org.uk/>

<http://www.ou.edu/research/electron/www-vl/>